



Universidad  
Carlos III de Madrid

INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

# DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN DE UN REGLOSCOPIO

Autor: Daniel Leal Ortiz

Tutor: Dr. D. Vicente Díaz López.



Leganés, Octubre de 2013

Título: Reglaje de faros de vehículos.

Autor: Daniel Leal Ortiz

Director: Dr. D. Vicente Díaz López

## EL TRIBUNAL

Presidente: \_\_\_\_\_

Vocal: \_\_\_\_\_

Secretario: \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE





# Agradecimientos

El presente proyecto fin de carrera ha sido tutorado por el profesor D. Vicente Díaz López, a quién me gustaría expresarle mi agradecimiento por hacer que las cosas sean más sencillas. Extenderlo a su vez al departamento de ingeniería mecánica, ya que han conseguido que esté área de la ingeniería sea mi principal interés de ahora en adelante.

A toda mi familia, con una mención especial para mi abuelo que siempre ha mostrado una ilusión especial.

A mis padres, por el esfuerzo que han realizado, por creer siempre en mí y apoyarme en los malos momentos.

A Arantza por compartir conmigo esta carrera, y ayudarme en todo lo que he necesitado.



Universidad  
Carlos III de Madrid

## AGRADECIMIENTOS



# Resumen

En este proyecto fin de carrera se comienza realizando un análisis sobre los componentes de un faro de automóvil, así como los distintos tipos que se pueden encontrar. También se examinará la homologación en cuanto a reglaje de faros, con el fin de realizar una explicación detallada de la directiva vigente.

A continuación se procede a un estudio sobre el reglaje de faros tanto manual como con regloscopio, así como de la gran importancia de un buen reglaje. Para ello se visitarán las instalaciones de una ITV y se llevará a cabo el reglaje manual de un automóvil.

Una vez se tenga el conocimiento necesario tanto de los faros como de su reglaje, se efectuará el diseño de un sistema de verificación de un regloscopio. El dispositivo estará formado por dos cajas: la primera contendrá un circuito regulador de intensidad luminosa, y la segunda un circuito de acoplamiento a una fotorresistencia.

Por último se realizará al montaje del dispositivo, y a su calibración, con la ayuda de un luxómetro digital y un polímetro.



Universidad  
Carlos III de Madrid

## RESUMEN





## ABSTRACT

# Abstract

This Project starts by analyzing the components of a car headlight and its different kinds. Moreover, the official approval of car headlights in terms of its adjustment will be examined in order to come up with a detailed explanation of the current directive.

Secondly, is conducted an assessment on the adjustment of headlights, either manual or by a headlight tester device, as well as the great importance of this adjustment. To do so, the vehicle inspection facilities (ITV) will be visited and an adjustment, both manual and by headlight tester device will be conducted.

Once the knowledge on car headlamps and its adjustment has been gathered, the design of a headlamp tester verification system device will be developed. This device will be composed by two boxes: the first one contains a light intensity regulation circuit, and the second one by a conditioning circuit for a light sensor.

In last place, the device will be assembled and its calibration will be performed using a light meter and a multimeter.



Universidad  
Carlos III de Madrid

## ABSTRACT



# Índice general

Estado del arte. ....	1
1.1. Introducción. ....	1
1.2. Evolución del alumbrado automotriz. ....	3
1.2.1. Necesidades que impulsaron la evolución del alumbrado. ....	10
Objetivos. ....	15
Composición y tipos de faros. ....	17
2.1. Elementos de los faros. ....	17
2.1.1. Lámparas. ....	18
2.1.2. Reflector. ....	21
2.1.2.1. Reflector homofocal. ....	22
2.1.2.2. Reflector bifocal. ....	22
2.1.2.3. Reflector de superficie compleja (multifocal). ....	23
2.1.2.4. Reflector elipsoidal- poli elipsoidal. ....	24
2.1.3. Cristal de dispersión. ....	25
2.1.3.1. Difusores de plástico. ....	26
2.2.1. Faros con lámparas de incandescencia. ....	27
2.2.2. Faros con lámparas de halógeno. ....	28
2.2.3. Faros de descarga de gas. ....	30
2.3. Zonas de alumbrado de un vehículo. ....	35
Aspectos físicos de la iluminación. ....	39
3.1. Introducción. ....	39
3.2. Definiciones previas. ....	39
3.2.1. Ángulo sólido. ....	39
3.2.2. Estereorradián. (Sr). ....	40
3.2.3. Candela (Cd). ....	41



## ÍNDICE GENERAL

3.2.4. Flujo luminoso. ....	41
3.2.5. Intensidad luminosa. ....	43
3.3. Luminancia (L). ....	44
3.4. Iluminancia (E). ....	46
3.5. Relación entre Luminancia e Iluminancia. ....	48
3.6. Correspondencia Lux - Candela. ....	49
Homologación de faros. ....	51
4.1. Introducción. ....	51
4.2. Especificaciones generales: ....	51
4.3. Condiciones técnicas de los dispositivos de alumbrado y señalización óptica. ....	52
4.4. Solicitud de homologación. ....	56
4.5. Composición de la marca de homologación. ....	57
4.6. Especificaciones particulares. ....	58
4.6.1. Luces de carretera. ....	58
4.6.2. Luces de cruce. ....	60
4.7. Requisitos técnicos para la homologación. ....	61
Reglaje de altura y horizontalidad de los faros. ....	67
5.1. Importancia del reglaje de faros. ....	67
5.2. Reglaje manual de los faros. ....	68
5.2.1. Luz de cruce. ....	68
5.2.2. Luz de carretera. ....	71
4.2. Reglaje con regloscopio. ....	71
4.2.1. Proceso de regulación. ....	74
Diseño del dispositivo de verificación de un regloscopio. ....	77
6.1. Introducción. ....	77
6.2. Circuito regulador de intensidad (primera caja). ....	79
6.2.1. Regulador de intensidad mediante resistencias e interruptores. ....	80
6.2.1.1. Circuito en primera posición. ....	80
6.2.1.2. Circuito del faro en segunda posición. ....	81
6.2.1.3. Circuito del faro en tercera posición. ....	84
6.2.2. Circuito regulado por un LM 317. ....	86
6.2.2.1. Funcionamiento de un LM 317. ....	86
6.2.3. Circuito regulador. ....	87
6.3. Circuito de acondicionamiento del sensor (segunda caja). ....	89
6.3.1. Sensores de medida intensidad luminosa. ....	89



## ÍNDICE GENERAL

6.3.1.1. Espectro electromagnético. ....	89
6.3.1.2. Fotorresistencias. ....	90
6.3.2. Funcionamiento del circuito.....	92
Montaje y Resultados.....	95
7.2.1. Método de mínimos cuadrados. ....	108
Conclusiones.....	111
Trabajos futuros.....	113
Bibliografía.....	115
6.1. Libros.....	115
6.2. Normas y documentos. ....	116
6.3. Páginas o documentos electrónicos en la red.....	116
Anexos.....	119
Anexo I.....	119

# Índice de figuras

<i>Ilustración 1 : Lámpara de carburo. ....</i>	<i>3</i>
<i>Ilustración 2: Peugeot 1904. ....</i>	<i>4</i>
<i>Ilustración 3: Cadillac 1912. ....</i>	<i>5</i>
<i>Ilustración 4: Bombilla incandescente. ....</i>	<i>5</i>
<i>Ilustración 5: Ford Taunus ( luces intermitentes ) . ....</i>	<i>6</i>
<i>Ilustración 6: Faro halógeno de 1970. ....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 7: Citroen 2cv (faros halógenos). ....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 8: Audi A4 ( faros de xenon ). ....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 9: ( Faros led). ....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 10: Luces autorregulables. ....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 11: Lámparas para cada zona del vehículo. ....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 12: Tipos de faros utilizados en el automóvil. ....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 13: Formas de proyección de los rayos de luz. ....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 14: Reflector. ....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 15: Reflector Bifocal. ....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 16: Reflector de superficie compleja. ....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 17: Componentes de un faro elipsoidal. ....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 18: Cristal difusor. ....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 19: Lámpara de incandescencia. ....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 20: Lámpara de halógeno. ....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 21: Lámpara de descarga de gas. ....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 22: Faro de xenon. ....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 23: Comparación luz halógena y con lámpara de xenón. ....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 24: Haz de luz de carretera. ....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 25: Haz de cruce. ....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 26: Ángulo sólido. ....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 27: Estereorradián. ....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 28: Curva de sensibilidad del ojo humano. ....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 29: Luminancia. ....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 30: Iluminancia. ....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 31: Variación de iluminación según distancia de la lámpara. ....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 32: Ejemplo de marca de homologación. ....</i>	<i>58</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 33: Zonas de iluminación posibles del haz de luz .....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 34: Niveles de iluminación del haz de cruce. ....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 35: Niveles máximos de iluminación.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 36: Reglaje de faros. ....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 37: Marcas para reglaje manual. ....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 38: Diagrama para regulación manual de faros.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 39: Tornillos reguladores de altura. ....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 40: Regloscopio. ....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 41: Ajuste de inclinación. ....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 42: Pantalla del regloscopio. ....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 43: Luxómetro analógico graduado. ....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 44: Espejo para regular horizontalidad.....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 45: Esquema de reglaje por regloscopio. ....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 46: Espacio entre cajas. ....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 47: Circuito del faro en primera posición.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 48: Circuito del faro en segunda posición. ....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 49: Circuito del faro en tercera posición. ....</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 50: LM con circuito de acoplamiento. ....</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 51: Espectro electromagnético. ....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 52: Fotorresistencia. ....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 53: Foto generación de portadores .....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 54: Estado de conducción sin fotogeneración.....</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 55: Circuito de acoplamiento del sensor luminoso. ....</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 56: Gráfica de la fotorresistencia. ....</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 57: Acondicionamiento de la caja. ....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 58: Circuito regulador de intensidad.....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 59: Caja con circuito regulador de intensidad.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 60: Soldaduras. ....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 61: Circuito de acoplamiento de la fotorresistencia. ....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 62: Luxómetro digital.....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 63: Polímetro. ....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 64: Medición con el luxómetro. ....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 65: Medición de la resistencia óhmica. ....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 66: Representación de la recta de regresión.....</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 67: Hoja de características de la fotorresistencia. ....</i>	<i>120</i>
<i>Ilustración 68: Hoja de características de la lámpara halógena.....</i>	<i>121</i>



# Índice de tablas

<i>Tabla 1: Tabla de lámparas halógenas. ....</i>	30
<i>Tabla 2: Tabla de lámparas de descarga de gas. ....</i>	32
<i>Tabla 3: Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos obligatorios.....</i>	54
<i>Tabla 4: Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos opcionales.....</i>	55
<i>Tabla 5: Medidas con luxómetro y polímetro. ....</i>	106
<i>Tabla 6: Tabla con cálculos de intensidad y resistencia. ....</i>	106
<i>Tabla 7: Tabla con los datos en logaritmos.....</i>	108
<i>Tabla 8: Tabla datos de mínimos cuadrados. ....</i>	108





Universidad  
Carlos III de Madrid

## ÍNDICE DE TABLAS

# Capítulo 1

## Estado del arte.

### 1.1. Introducción.

Para que la conducción se realice en condiciones de seguridad, no sólo para la persona que va al volante de su vehículo, sino para todos los demás usuarios de las vías públicas, es necesario ver bien, lo que se consigue con los dispositivos o sistemas de alumbrado de que el vehículo ha de ser dotado.

Esta importancia que tiene el alumbrado de los vehículos para tratar de que la circulación sea lo menos peligrosa posible, aconseja prestar una especial atención a la utilización, mantenimiento, y regulación de los faros, para conseguir, por un lado, disponer de luz suficiente y, por otro, no deslumbrar al resto de conductores que circulan por la vía.

Por lo tanto se puede establecer que una primera finalidad del sistema de alumbrado automotriz es la de VER. Pero, no se puede olvidar, que cada vehículo en circulación es, en la práctica, un obstáculo para los demás. Por ello es muy importante que pueda ser percibido, delimitando su situación, es decir, SER VISTO.

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

La función principal de los faros situados en el frontal del vehículo es iluminar la calzada, de manera que el conductor pueda percibir los acontecimientos del tráfico y reconocer a tiempo los obstáculos. Los intermitentes permiten informar a otros conductores de la intención de cambiar de dirección de la marcha o de la existencia de una situación peligrosa, por último las luces de parte trasera del vehículo señalan la posición del mismo y la forma y dirección en que este se desplaza.

Las luces de la parte delantera del vehículo son:

- Faros de carretera
- Faros de cruce.
- Faros antiniebla.
- Faros adicionales de carretera.
- Intermitentes.
- Luces de estacionamiento.
- Luces de posición y gálibo.
- Luces diurnas (en los países que estén prescritas).

Las luces de la parte trasera del vehículo son:

- Luces de posición
- Luces de freno.
- Luces de niebla.
- Intermitentes.
- Luces de estacionamiento.
- Luces de gálibo.
- Luces de marcha atrás.
- Luces de matrícula.

## 1.2. Evolución del alumbrado automotriz.

En los primeros vehículos del siglo XIX, el alumbrado no representaba un papel importante, de hecho los primeros automóviles no tenían luces, debido a que conducir de noche era arriesgado por la escasa seguridad de funcionamiento de los vehículos, estos eran utilizados únicamente durante el día.

En el año 1896 surge la primera ley sobre alumbrado automotriz, en la que se especifica la obligación a todos los vehículos de llevar en su parte delantera a una persona con una luz, en caso de conducción nocturna, o de una bandera, si el uso del automóvil se producía durante el día, para avisar al resto de conductores o viandantes.

Antes de utilizar los faros eléctricos, en los primeros tiempos, se utilizaron faroles con velas, después faroles de petróleo y por último faroles de acetileno.

Los primeros faros fueron los llamados faros de carburo, también conocidos como lámparas de acetileno. Es un dispositivo de iluminación por gas. El aparato permite obtener una llama muy luminosa producida con la ignición del gas acetileno ( $C_2H_2$ ) que se genera por la reacción exotérmica entre el carburo de calcio ( $CaC_2$ ) y agua. la lámpara consta de dos compartimentos que se cargan con ambos reactivos (agua en el superior y carburo de calcio en el inferior). Un elemento de regulación (generalmente un grifo) permite aportar controladamente pequeñas cantidades de agua al carburo, produciéndose el gas acetileno que se quema en una boquilla que, en su utilización para iluminación automotriz, solía estar provista de un reflector parabólico.



*Ilustración 1 :Lámpara de carburo.*

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

Las lámparas de acetileno se volvieron muy populares, ya que no sólo eran muy luminosas, si no que se mostraban realmente resistentes al viento y la lluvia, lo que las convirtió en el modo ideal de iluminación para los primeros automóviles.

Fue *Peugeot*, en 1904, el primero en colocar dos lámparas colgantes de acetileno, en su parte delantera y pionero en aventurarse a utilizarlas en viajes nocturnos. En la figura que se muestra a continuación se pueden observar como los faros de este automóvil eran simplemente dos candiles de carburo colocados en la parte delantera del mismo.



*Ilustración 2: Peugeot 1904.*

En los primeros años del siglo XX se empezaron a utilizar las lámparas eléctricas pero únicamente para realizar funciones de señalización de la posición del vehículo. Se utilizaron en faroles auxiliares para la parte trasera y lateral. Esto sucedía porque las baterías no se podían cargar durante la marcha, con el peligro de producirse la descarga de la batería en medio del recorrido y quedarse sin iluminación en medio de la noche.

Con la aparición de la dinamo de alumbrado, hacia el año 1908, se pudo conseguir que el uso de los faros eléctricos se extendiera poco a poco. Pero no sería hasta el año 1912 cuando la marca *Cadillac*, equipó a uno de sus automóviles con focos. Gracias a una batería y un generador eléctrico, fueron capaces de producir corriente y de dotar por primera vez de luces eléctricas propias a un vehículo.

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

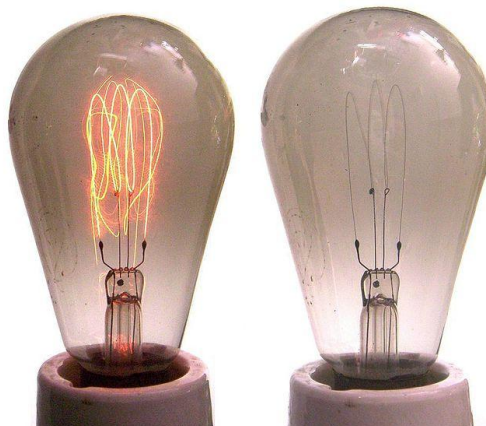
---



*Ilustración 3: Cadillac 1912.*

Pero el gran impulso que hizo que la iluminación eléctrica se ajustará por completo a la industria del automóvil fue la aparición de las bombillas con filamentos. Hasta este momento la fragilidad mostrada por las bombillas hacía casi imposible su adaptación a los vehículos, debido a la irregularidad de los caminos y la poca preparación de los neumáticos para absorber los impactos. Estos filamentos eran muelles flexibles, y por tanto capacitados para absorber impactos.

Dentro de las bombillas de filamentos, un tipo particular emergió a finales de los años veinte para convertirse en el estándar para la industria automotriz. Esta fue la bombilla incandescente. El funcionamiento de una bombilla incandescente está basado en un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento de tungsteno (en este caso), hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica.



*Ilustración 4: Bombilla incandescente.*

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

Años más tarde, se vería aparecer por primera vez las luces intermitentes en los automóviles, para indicar los cambios de dirección, los cuales habían sido representados hasta entonces por las señales del propio conductor. Fue un *Ford Taunus*, en el año 1951 el primer vehículo en disponer de luces intermitentes.



*Ilustración 5: Ford Taunus ( luces intermitentes )*

El problema de las bombillas incandescentes era que, a pesar de haber solucionado el problema de la fragilidad, se empezaron a considerar poco eficientes ya que el 85% de la electricidad que consumían se transformaba en calor, y solamente el 15% restante en luz.

En proceso de mejora de la iluminación automotriz continuo su avance hasta que en el año 1962 se crearon las luces halógenas. Estas bombillas supusieron un gran avance ya que en lugar de disponer un filamento rodeado de vacío, se utiliza gas halógeno consiguiendo dos ventajas importantes. En primer lugar el filamento caliente produce una luz mucho más intensa, y en segundo lugar el gas extiende la vida del filamento, lo que alarga en gran medida la vida útil de la bombilla.



## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---



*Ilustración 6: Faro halógeno de 1970.*

Poco después del descubrimiento de la iluminación halógena, los fabricantes de vehículos empezaron a implantar de forma estándar los faros halógenos en todos sus automóviles. En primer vehículo en utilizar los faros halógenos fue *citroen* en el año 1964.



*Ilustración 7: Citroen 2cv (faros halógenos).*

Los faros halógenos han sido los más utilizados a lo largo de la historia de la iluminación automotriz. No sería hasta los años noventa, cuando la empresa *Hella*, encargada de la fabricación de luces dio un importante paso al frente al crear los faros de xenón, que producen un 50% más de luz que las lámparas halógenas, además de conseguir una mayor fiabilidad y disminuir el consumo de energía. En el caso de los faros de xenón se deja atrás la tecnología basada en el calentamiento de un filamento, para dar paso a la emisión de luz a través del plasma.



## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---



*Ilustración 8: Audi A4 ( faros de xenon ).*

Y finalmente se llega a la luces Led, lo último en tecnología. Son luces instantáneas, iluminan más que el xenón, se parece más a la luz diurna, lo que permite un manejo más reposado y sobre todo un menor deslumbramiento para el resto de conductores. Con esta tecnología el ojo humano sufre un menor cansancio, lo que permite tener no sólo una mejor visión, sino también le entrega una mayor seguridad al conductor. El primer modelo en incorporar las luces Led, fue el *Lexus LS600h* (para las funciones de posición y cruce), mientras que el famoso *Audi R8*, fue pionero en incorporarlo en todas sus funciones.



*Ilustración 9: ( Faros led).*

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

Como se ha visto en este recorrido por la evolución histórica de la iluminación automotriz, se ha ido mejorando las prestaciones de los faros de forma muy considerable, desde las lámparas de acetileno hasta las luces Led, tanto en su potencia luminosa como en su duración y consumo de energía. En los últimos años los avances también han ido destinados a la mejora del reglaje de faros, consiguiendo automóviles con faros autorregulables, que ayudan a evitar el deslumbramiento de forma eficaz gracias a una serie de sensores.



*Ilustración 10: Luces autorregulables.*

Los faros delanteros del vehículo vienen equipados con un reglaje automático de la altura, consiguiendo que el conductor no tenga que preocuparse de realizar dicho procedimiento de forma manual. Gracias a dos sensores, situados uno en el eje delantero y otro en el trasero, se mantiene una altura perfecta de los faros independientemente de la carga que se introduzca en el automóvil, y ofreciendo un haz óptimo que no deslumbra al resto de conductores.

El otro gran avance en cuanto a reglaje son los faros direccionales se produce gracias a un dispositivo que es capaz de hacer rotar los faros de luces cortas en función del movimiento del volante y la velocidad del vehículo. Ayudando de esta manera a iluminar la carretera, ya que sigue el recorrido de las curvas cuando el vehículo entra en ellas.

Actualmente, muchas marcas ofrecen una opción que se suele llamar **asistente de luz de carretera**. Este dispositivo hace el cambio de luz de cruce a luz larga de forma automática, sin que el conductor intervenga. Aunque nos parezca algo muy reciente, lo cierto es que los coches americanos de los años 50 del siglo pasado ya lo tenían. Por aquel entonces, en *Cadillac* lo conocían como “*el ojo austrónico*”: más o menos a la altura de los ojos del conductor, llevaban un sensor de luz que tenía forma de ojo. Al llegarle la luz de otro coche, la célula fotoeléctrica generaba una corriente que activaba un relé y hacía el cambio de larga a corta automáticamente.

En los coches modernos, el **ojo autrónico** se ha sustituido por una pequeña cámara ubicada en la zona del retrovisor central; detecta las luces de otros coches y envía la información a la unidad de control de luces. Aquí nos encontramos dos posibilidades:

1. El sistema ordena pasar de largas a cruce o viceversa.
2. El sistema mantiene las luces de largo alcance, pero evitando deslumbrar al tráfico que viene de frente, ya sea tapando la luz y creando una sombra en esa o bien apagando y encendiendo los LED que corresponda para evitar deslumbrar.

### **1.2.1. Necesidades que impulsaron la evolución del alumbrado.**

En el apartado anterior se ha mostrado la evolución histórica que ha ido sufriendo el alumbrado automotriz desde sus inicios. A continuación se explicarán cuales han sido las circunstancias que han impulsado y hecho imprescindibles estas mejoras en la iluminación.

Desde esos primeros tiempos, los sistemas de alumbrado han ido evolucionando debido al aumento de las prestaciones en los vehículos, la creciente densidad de tráfico y los exigentes requisitos de diseño, debiendo encontrar soluciones para las necesidades que se iban planteando, entre las que se pueden citar las siguientes:

- *Necesidad de reforzar la iluminación de la calzada.*

En los primeros tiempos se adoptaron formas especulares parabólicas en los reflectores para desviar el haz luminoso de la fuente de la luz hacia la calzada. Se empleaban dispositivos de enfoque para situar el filamento incandescente en el foco. Estos faros eran por lo general faroles y la luz que emitían producía solamente una mancha clara en la carretera.

En 1911 la compañía BOSCH desarrolló y fabricó faros teniendo en cuenta que cuanto más uniforme es la iluminación de la calzada, mayor es la seguridad de marcha.

En 1917 se normaliza un nuevo portalámparas que junto con el empleo de espejos de metal pulido de alto brillo y de lámparas de incandescencia apropiadas, permitió suprimir el inestable dispositivo de enfoque.

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

- *Necesidad de reducir el deslumbramiento.*

Hasta el 1919 la evolución del sistema de alumbrado consistió en utilizar lámparas cada vez más potentes, lo que produjo problemas de deslumbramiento cuando dos vehículos se cruzaban. Para solucionar esto en un principio se empezaron a utilizar doubles faros, uno para luz de carretera y otro para luz de cruce, con un sistema de conmutación para pasar de una fase a otra según fuera necesario.

En 1925 para evitar la disposición de doble faro se ideó una lámpara con dos filamentos uno para luz de carretera y otro para luz de cruce. Con este tipo de lámpara no se producía el deslumbramiento debido a que el filamento de luz de cruce estaba cubierto con una caperuza de chapa de forma que únicamente irradiaba luz a la parte superior del reflector y de esa forma se iluminaba solo la proximidad del vehículo.

- *Necesidad de mejorar la dispersión lateral.*

Para satisfacer las necesidades relativas a la dispersión lateral y a la iluminación de la calzada situada justo delante del vehículo se empezaron a utilizar cristales de vidrio prensado con óptica de lente cilíndrica vertical, los cuales prolongaron el haz luminoso a los anchos sin aumentar el deslumbramiento con la luz de cruce.

En 1931 como complemento a las luces ordinarias del vehículo se empieza a utilizar una lámpara antiniebla, con un haz luminoso oblicuo dirigido hacia un lado y hacia abajo, que hacía más visible el borde de la calzada.

- *Necesidad de aumentar el alcance.*

Esto se debe al desarrollo de las carreteras con la construcción de autopistas y autovías, la velocidad de los vehículos aumenta esto hace que el alcance de la luz de carretera no sea suficiente y menos aún el de la luz de cruce.

Se hizo necesario incorporar proyectores de largo alcance que ampliaran el alcance de la luz de carretera de 200 metros hasta 800.

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

- *Necesidad de una distribución asimétrica de la luz.*

Debido al aumento de la densidad del tráfico y por consiguiente al aumento en el cruce entre vehículos, comenzó a incrementarse el uso de la luz de cruce, hasta el punto de que la luz de carretera se usaba en raras ocasiones.

La introducción en 1957 de la distribución asimétrica de la luz hizo lo posible una considerable ampliación del alcance de la luz de cruce en el borde derecho de la calzada sin deslumbrar a los vehículos que circulaban en sentido contrario.

- *Necesidad de incrementar los valores de iluminación.*

Debido a que las lámparas de incandescencia convencionales, utilizadas desde la aparición del alumbrado eléctrico, tenían el inconveniente de que los vapores de Wolframio desprendidos del filamento incandescente se depositan en forma de partículas en la ampolla de la lámpara, ennegreciéndola con el paso del tiempo. Este proceso reduce los valores de iluminación y limita la vida útil de la lámpara.

La introducción de las lámparas halógenas aportó mayor densidad luminosa del filamento y mayor tiempo de servicio. En un principio se introdujeron las lámparas halógenas de un sólo filamento y posteriormente las de dos filamentos, uno para la luz de cruce y otro para la luz de carretera.

En la actualidad se ha incrementado aún más el valor de la iluminación con la aparición de las lámparas de descarga de gas. Estas se caracterizan porque producen una mejor iluminación de la calzada con una superficie de salida de luz más pequeña, así como por una mayor duración.

- *Necesidad de una señalización efectiva hacia atrás.*

La evolución de las luces traseras ha transcurrido de forma similar a la de las luces delanteras.

En el principio existían luces traseras independientes de posición, de freno, captadores catadióptricos y de iluminación de matrícula. Pero con el paso del tiempo se fue tendiendo a la agrupación de los distintos componentes entre sí.

## CAPÍTULO 1: ESTADO DEL ARTE.

---

Hoy en día los vehículos generalmente cuentan con unidades completas integradas en la carrocería y situadas en ambos lados de la misma.

Las luces traseras están equipadas desde los primeros tiempos con lámparas de incandescencia convencionales y aunque en la actualidad están empezando a utilizarse LED para estos sistemas de iluminación, sigue siendo la lámpara de incandescencia convencional la más utilizada en la actualidad.

- *Necesidad de una clara indicación de la dirección de marcha.*

Debido a que los primeros vehículos eran abiertos, no era necesario que dispusieran de un sistema de indicación de cambio de marcha. En su defecto, el conductor avisaba con la mano su intención de cambiar de dirección.

Con la introducción de los vehículos cerrados aparecieron los primeros sistemas de indicación, los cuales estaban formados por un brazo oscilante en el lado izquierdo y derecho del vehículo que era accionado por un electroimán al tiempo que se encendía una lámpara de incandescencia en el brazo oscilante.

A partir de 1949 se impuso la sustitución progresiva de estos indicadores de dirección por las centrales de intermitencia eléctricas, lográndose así una clara mejora de la señalización.



# Objetivos.

Los objetivos de este proyecto fin de carrera son los nombrados a continuación:

- El primero de los objetivos es realizar un estudio que permita conocer de manera precisa las distintas partes que componen el faro de un automóvil.
- Se examinará la directiva vigente en cuanto a reglaje de faros, con el fin de comprender y explicar los requisitos necesarios para la comercialización y correcto funcionamiento de los componentes luminoso de un vehículo.
- Puesto que el objetivo de un regloscopio es el perfecto reglaje de los faros de un vehículo. Se intentará entender la importancia de un buen reglaje de los mismos. Así como los distintos tipos de reglaje necesarios, altura, horizontalidad e intensidad luminosa. En este apartado se aprenderá como realizar el ajuste manual de los faros de un automóvil.
- Una vez conocido el funcionamiento de un regloscopio comercial, se diseñará un dispositivo verificador. Utilizando los materiales a los que se tenga acceso, se intentará realizar el montaje del mecanismo diseñado anteriormente. Por último se realizará la calibración del dispositivo, el cual, una vez calibrado debería ser capaz de verificar si un faro halógeno emite una intensidad luminosa aceptada por la directiva vigente





## OBJETIVOS.

---

# Capítulo 2

## Composición y tipos de faros.

### 2.1. Elementos de los faros.

Los faros de un vehículo se componen de:

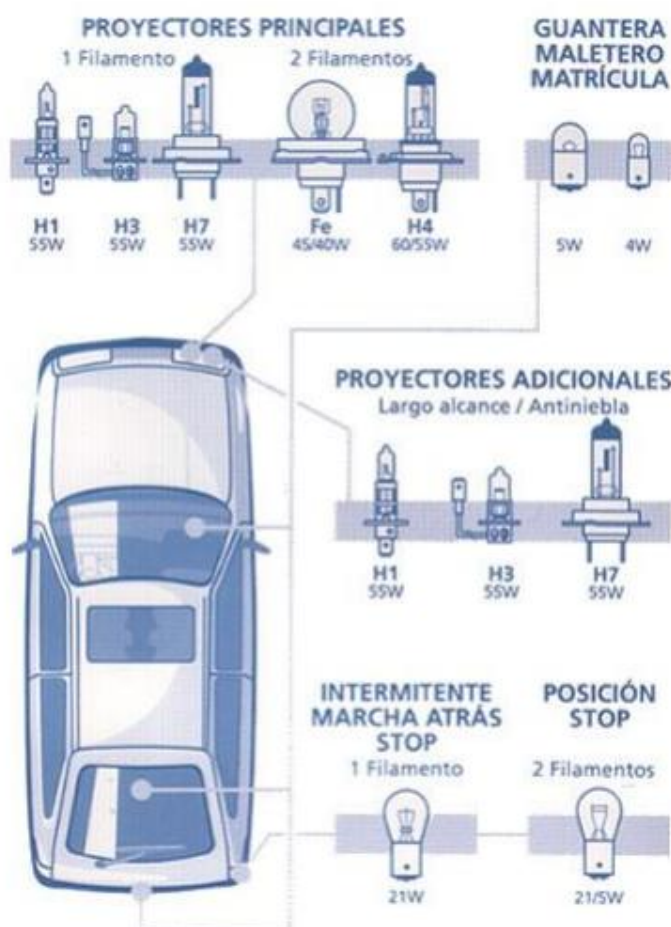
- Lámpara → es la fuente luminosa.
- Reflector → recoge los rayos de luz y los agrupa en un haz luminoso efectivo.
- Cristal de dispersión → desvía los rayos luminosos en la dirección que interese.

En muchos casos el reflector desempeña también la función del cristal de dispersión y desvía la luz en el sentido necesario. En este caso, el cristal solo tiene la misión de sellar el faro por delante y protegerlo de la suciedad.

### 2.1.1. Lámparas.

Son los elementos que generan el foco luminoso o fuente de iluminación en el interior de los faros o pilotos. La calidad de la iluminación depende, en gran medida, de la calidad de la fuente luminosa. Las lámparas generan luz absorbiendo energía calorífica. La luz emitida es más intensa cuanto mayor es la temperatura a la que se puede calentar. Fundamentalmente, en el automóvil se utilizan dos tipos de homologados de lámparas para el sistema de alumbrado (cruce/carretera).

Las lámparas de alumbrado se clasifican de acuerdo con su casquillo, su potencia y la tensión de funcionamiento. El tamaño y forma de la ampolla (cristal) depende fundamentalmente de la potencia de la lámpara. En los automóviles actuales, la tensión de funcionamiento de las lámparas es de 12 V prácticamente en exclusiva.



*Ilustración 11: Lámparas para cada zona del vehículo.*

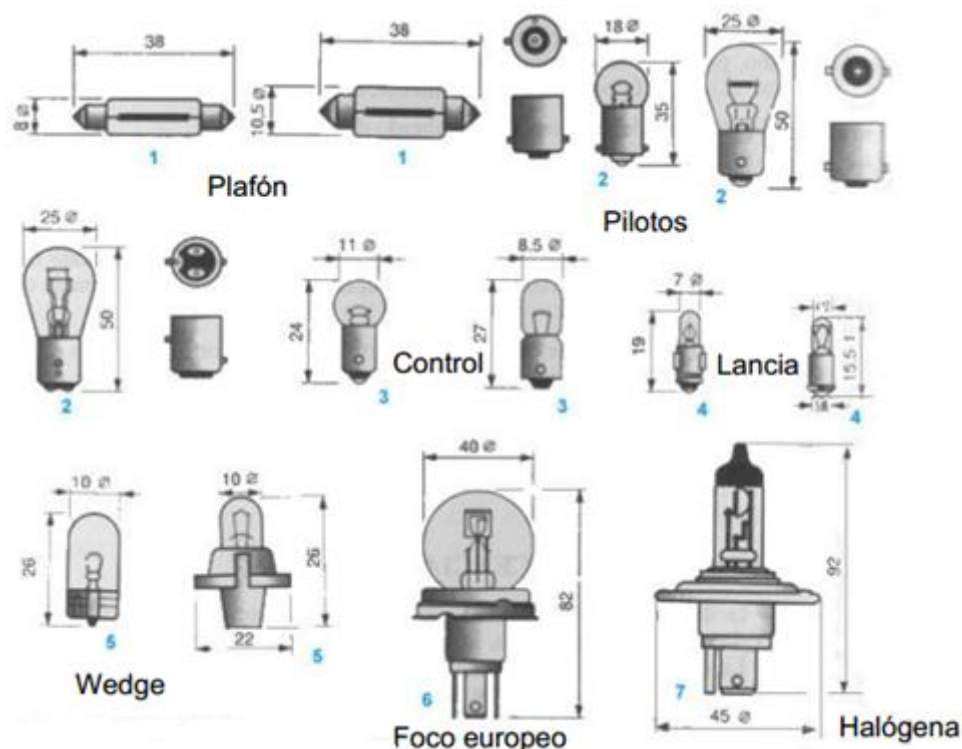
## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

Los tipos de lámparas que se pueden encontrar son los siguientes:

- **Plafón (1):** Su ampolla de vidrio es tubular y va provista de dos casquillos en ambos extremos en los que se conecta el filamento. Se utiliza fundamentalmente en luces de techo (interior), iluminación de guantera, maletero y algún piloto de matrícula. Se fabrican en diversos tamaños de ampolla para potencias de 3, 5, 10 y 15 W.
- **Pilotos (2):** La forma esférica de la ampolla se alarga en su unión con el casquillo metálico, provisto de 2 tetones que encajan en un portalámparas de tipo bayoneta. Este modelo de lámpara se utiliza en luces de posición, iluminación, stop, marcha atrás, etc. Para aplicación a luces de posición se utilizan preferentemente la de ampolla esférica y filamento único, con potencias de 5 o 6 W. En luces de señalización, stop, etc., se emplean las de ampolla alargada con potencia de 15, 18 y 21 W. En otras aplicaciones se usan este tipo de lámparas provistas de dos filamentos, en cuyo caso, los tetones de su casquillo están posicionados a distintas alturas.
- **Control (3):** Disponen un casquillo con dos tetones simétricos y ampolla esférica o tubular. Se utilizan como luces testigo de funcionamiento de diversos aparatos eléctricos, con potencias de 2 a 6 W.
- **Lancia (4):** Este tipo de lámpara es similar al anterior, pero su casquillo es más estrecho y los tetones se que esta provisto son alargados en lugar de redondos. Se emplea fundamentalmente como señalización de cuadro de instrumentos, con potencias de 1 y 2 W.
- **Wedge (5):** En este tipo de lámpara, la lámpara tubular se cierra por su inferior en forma de cuña, quedando plegados sobre ella los hilos de los extremos del filamento, para su conexión al portalámparas. En algunos casos este tipo de lámpara se suministra con el portalámparas. Cualquiera de las dos tiene su aplicación en el cuadro de instrumentos.
- **Foco europeo (6):** Este modelo de lámpara dispone una ampolla esférica y dos filamentos especialmente dispuestos como se detallara más adelante. Los bornes de conexión están ubicados en el extremo del casquillo. Se utiliza en luces de carretera y cruce.
- **Halógena (7):** Al igual que la anterior, se utiliza en alumbrado de carretera y cruce, así como en faros antiniebla.

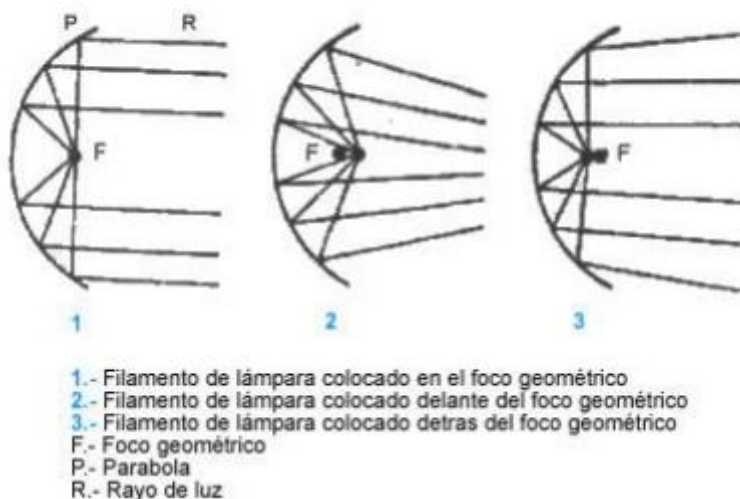
## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.



*Ilustración 12: Tipos de faros utilizados en el automóvil.*

Las lámparas van dentro de los faros que proyectan su luz. Los faros a su vez deben de llevar a cabo dos tareas opuestas: una trata de conseguir una luz potente para realizar una conducción segura, con una cierta difusión cerca del vehículo, a fin de obtener una buena iluminación que permita ver bien el pavimento y la cuneta. Por otra parte, tiene que evitar que esta potente luz no deslumbre a los conductores de los vehículos que vienen en sentido contrario, hace falta otra luz más baja o de cruce, que sin deslumbrar, permita una iluminación suficiente para mantener una velocidad razonable con la suficiente seguridad.

El alumbrado de carretera se consigue situando la lámpara en el interior de la parábola del faro, de manera que su filamento coincida con el foco geométrico de la misma. Así, los rayos de luz que emite el filamento son devueltos por el reflector de manera que en conjunto forman un haz luz paralelo. Si el filamento se coloca delante del foco geométrico de la parábola, el haz de luz sale convergente, y si se coloca detrás, divergente. Estos efectos pueden verse en la figura inferior:



*Ilustración 13: Formas de proyección de los rayos de luz.*

El foco geométrico de una parábola es por definición, el único punto para el que los rayos reflejados son paralelos. Para el alumbrado de carretera se obtiene, por consiguiente, una intensidad luminosa considerable, debido a un haz de rayos paralelos de gran alcance. Pero esto no es lo que se busca para el alumbrado de carretera ya que se necesita una proyección de luz a gran distancia, pero que no se concentre en un punto sino que se extienda por toda la anchura de la carretera. Para lograr este objetivo el deflector o cristal que cubre el foco suele ir tallado formando prismas triangulares, de tal forma que se consiga una desviación hacia abajo del haz luminoso y una dispersión en el sentido horizontal.

### 2.1.2. Reflector.

Su misión principal es reflejar en una dirección concentrada el haz de luz producido por las lámparas. Están fabricados en plástico mediante un proceso de moldeo o en chapa de acero estampada, mediante un proceso de embutición profunda.

La superficie reflectante es sometida a un tratamiento superficial anticorrosivo en el acero para posteriormente ser pulida, por último recibe una capa reflectora a base de aluminio y magnesio que se comporta a modo de espejo, a la que se le aplica una segunda capa protectora anti-corrosión.

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

La superficie reflectante generalmente tiene forma parabólica o elipsoidal. La forma, tamaño y colocación del reflector es determinante para una buena iluminación: una colocación alta de los faros mejora el alcance geométrico, pero esto no siempre es posible debido a los perfiles aerodinámicos de los vehículos actuales, lo que obliga a realizar faros más grandes, aumentando el ancho de los mismos.



*Ilustración 14: Reflector.*

### **2.1.2.1. Reflector homofocal.**

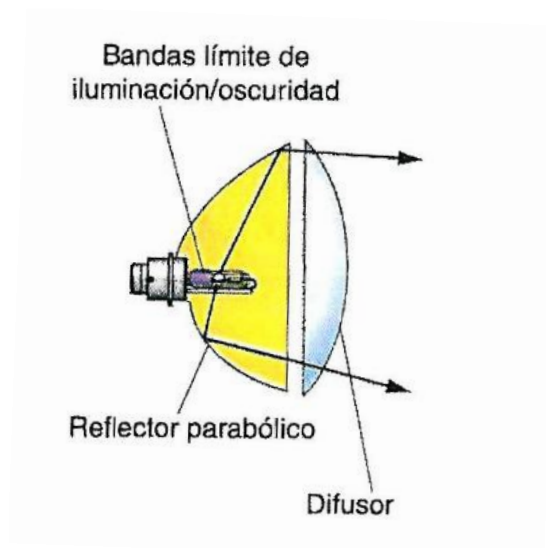
Es un reflector muy utilizado con lámparas bifil (H4) en el cual todas las curvaturas de los sectores parabólicos tienen un foco común. Está constituido por un reflector principal, el cual puede llevar adosado unos reflectores complementarios con una distancia focal más pequeña para hacer coincidir sus focos con el principal.

### **2.1.2.2. Reflector bifocal.**

Este reflector está compuesto por dos sectores parabólicos con distinto foco, de tal forma que la luz reflejada por ambos sectores iluminen con una determinada inclinación hacia abajo de la calzada. Este sistema aprovecha la parte baja del reflector,

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

generalmente desaprovechada con las luces de cruce, y sólo permite ser usado en faros de luz de cruce.



*Ilustración 15: Reflector Bifocal.*

### 2.1.2.3. Reflector de superficie compleja (multifocal).

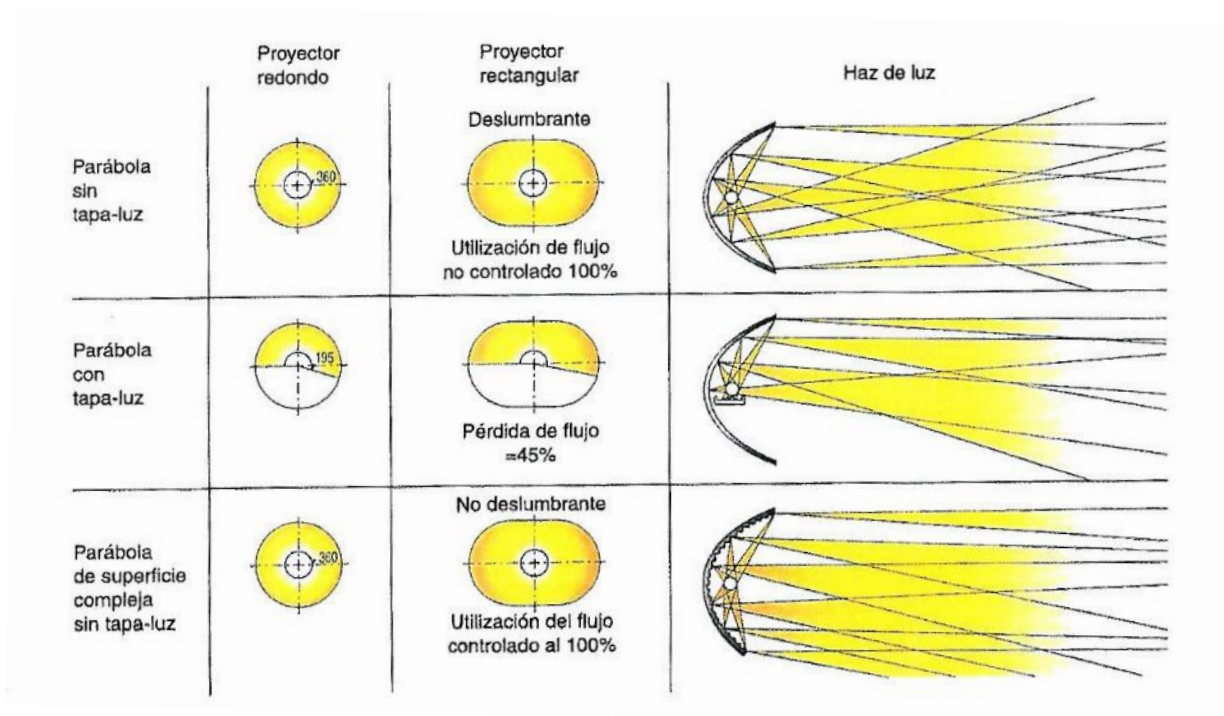
Están constituidos por distintos sectores paraboloïdes, cada uno con una distancia focal determinada diferente al resto.

Con este concepto de reflector, cada área de la superficie del reflector está distribuida para iluminar una parte de la carretera. Este sistema aprovecha la parte baja del reflector, para proporcionar el mayor haz de luminoso posible y aporta un 80% mas de luz que un reflector parabólico normal.

La superficie del reflector está calculada sobre la base de las llamadas estratégicas de desvío con la ayuda de un ordenador. Esto da como resultado lo que se conoce como “libre de forma o de forma libre” en lugar de una superficie regular. Este sistema proporciona las propiedades de los faros profundos pero ahorrando espacio, con lo cual se facilita la instalación, en condiciones de espacio reducido; con este sistema desaparecen las zonas oscuras al pasar del haz de cruce al de carretera.



## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

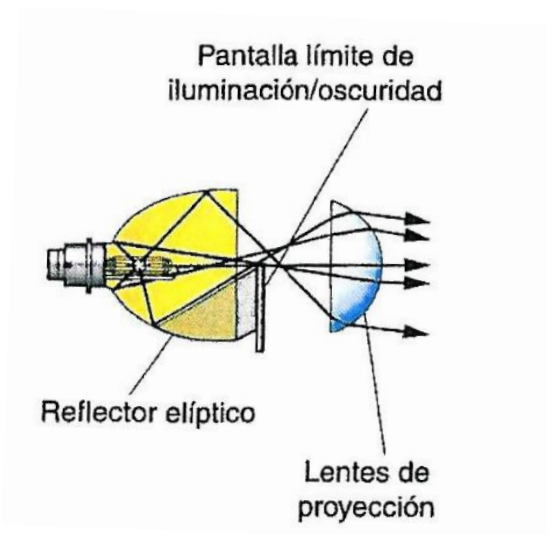


*Ilustración 16: Reflecto de superficie compleja.*

### 2.1.2.4. Reflector elipsoidal- poli elipsiodal.

Son reflectores utilizados en faros de última generación, contruidos en aluminio o metal modelado. Calculados y diseñados con programas específicos, las dimensiones de estos faros son más reducidas que las de los parabólicos.

Los reflectores elípticos se emplean con una lente de proyección que asegura la correcta distribución del haz luminoso sobre la calzada, y una pantalla o diafragma que proporciona unos límites de iluminación/oscuridad.



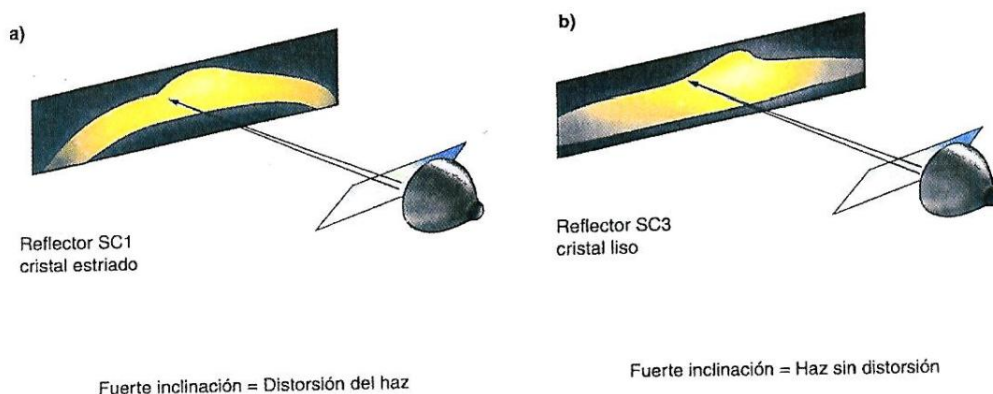
*Ilustración 17: Componentes de un faro elipsoidal.*

### 2.1.3. Cristal de dispersión.

También denominado dispersor. Están fabricados mediante el prensado de vidrio de gran pureza. El conformado mediante prensado garantiza una gran calidad superficial y un perfecto tallado del difusor. El cristal difusor, en su superficie interior, está constituido por un conjunto de prismas de cuya forma y disposición depende el haz de luz refractada. En cambio la superficie externa es lisa para que no se acumule suciedad y pueda limpiarse con facilidad.

Actualmente algunos modelos de automóviles emplean difusores sin tallar en alguno de sus faros, denominados cristal transparente, que producen un efecto brillante sobre la óptica. Los cristales lisos dan un efecto de transparencia y profundidad superior, y permiten integrarse en los vehículos con líneas aerodinámicas, ya que permiten inclinaciones de hasta 60° sin distorsiones.

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

*Ilustración 18: Cristal difusor.***2.1.3.1. Difusores de plástico.**

La incorporación de nuevas tecnologías a la fabricación de faros permite la realización de difusores de material plástico. Se utiliza como material base el policarbonato de alta calidad, al cual se le aplica una sólida capa contra ralladuras y rayos UV. Para asegurarse la máxima calidad se fabrican en un área limpia, comparable a las salas donde se fabrican los micro-chip.

Presentan las siguientes ventajas:

- Reducido peso, un faro de difusor de plástico pesa 2/3 menos que uno con difusor de cristal.
- Alta resistencia a los golpes, una capa especialmente diseñada protege a los difusores de plástico de impactos y arañazos.
- Diseño. La fabricación de difusores de material plástico permite diseños más estéticos y ajustados a la forma aerodinámica del vehículo.

## 2.2. Tipos de faros.

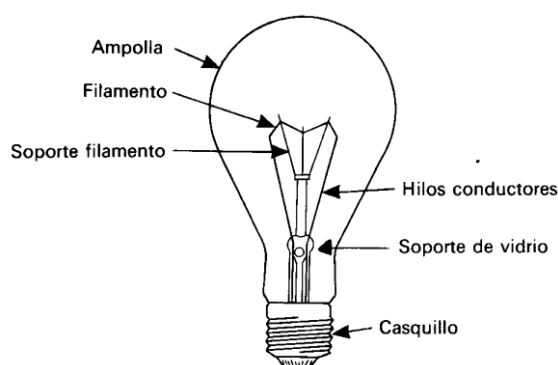
### 2.2.1. Faros con lámparas de incandescencia.

Este tipo de lámparas están constituidas por un filamento de tungsteno o wolframio unidos a dos terminales de soporte; el filamento y parte de los terminales se alojan en una ampolla de vidrio en la que se ha hecho el vacío y posteriormente se ha llenado con algún gas inerte (argón, neón, nitrógeno, etc); los terminales aislados e inmersos en material cerámico se sacan a un casquillo, éste constituye el soporte de la lámpara y lleva los elemento de sujeción (tetones, rocas, hendiduras, etc.), por el cual se acopla al portalámparas.

Tiene un rendimiento luminoso pequeño al igual que su vida útil, por el ennegrecimiento de la ampolla con las partículas de wolframio evaporadas del filamento.

El rendimiento luminoso (lumen por vatio) es el rendimiento luminotécnico obtenido en función de la potencia eléctrica suministrada. En las lámparas de incandescencia, este rendimiento es de 10 a  $18 \frac{lm}{W}$ .

Aun que hoy en día han sido sustituidas casi completamente por lámparas de halógeno, se pueden emplear varios tipos normalizados y pueden ser utilizadas para: faros, pilotos, interiores y testigos.



*Ilustración 19: Lámpara de incandescencia.*

### 2.2.2. Faros con lámparas de halógeno.

Las lámparas de alumbrado principal para vehículos automóviles actuales son en su mayoría de tecnología halógena. Están constituidas por una ampolla cilíndrica de vidrio duro (cristal de cuarzo), dentro de la cual tiene instalados un único filamento incandescente (H1, H3, H7, etc.) o bien dos filamentos (H4). En el primer caso se utilizan para luz de cruce, de carretera o antiniebla, y en el segundo caso para luz de carretera/cruce en la misma lámpara.

Una lámpara de halógeno con 60/55 W de potencia irradia aproximadamente el doble de luz que la equivalente de incandescencia convencional con 45/40 W.

Las lámparas están rellenas con halógeno (yodo o bromo) que permite que la temperatura del filamento alcance casi el punto de fusión del wolframio (unos 3400°C) y por tanto un alto rendimiento luminoso.

El wolframio evaporado se une con el gas halógeno en las proximidades de la pared caliente de la ampolla y forma haluros de wolframio, que es un gas transparente. Este compuesto gaseoso es estable en un intervalo de temperaturas de 200 a 1400°C. Cuando llega a las inmediaciones del filamento se descompone como consecuencia de la alta temperatura de éste y entonces forma sobre él un sedimento homogéneo de wolframio. Para mantener este proceso cíclico se requiere que la temperatura de la ampolla de la lámpara sea de 300 °C aproximadamente. Esto exige que la ampolla de cristal de cuarzo rodee estrechamente al filamento.

En las lámparas de halógeno el rendimiento luminoso es de 22 a 26  $\frac{lm}{W}$  y se debe sobre todo a la mayor temperatura del filamento.



*Ilustración 20: Lámpara de halógeno.*

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

Tabla de lámparas halógenas.

Denominación	Duración (media)	Potencia (12V)	Especificaciones	Observaciones
H4	400h	55/60	<ul style="list-style-type: none"><li>•2 filamentos.</li><li>•Cazoleta sobre 1 filamento.</li><li>•Uso proyectores principales.</li><li>•Con o sin filtro amarillo.</li></ul>	Dispone de dos filamentos en línea para el alumbrado de cruce y de carretera. Flujo luminoso de 1000/1650lm.
H1	400h	56	<ul style="list-style-type: none"><li>•1 filamento axial.</li><li>•Uso para proyectores principales y auxiliares.</li></ul>	Empleado para la iluminación de cruce, carretera y antiniebla. Flujo luminoso de 1350 lm.
H2	400h	56	<ul style="list-style-type: none"><li>•1 filamento axial</li><li>•Uso para proyectores auxiliares(lámpara plana)</li></ul>	Muy similar a la anterior pero de menos longitud. Carretera y antiniebla. Flujo de 1800 lm.
H3	400h	56	<ul style="list-style-type: none"><li>•1 filamento transversal.</li><li>•Uso para proyectores auxiliares (antiniebla).</li></ul>	El filamento se dispone transversalmente. Se utiliza en la mayoría de los casos para antiniebla y largo alcance. Flujo luminoso 1450 lm.
H5	400h	55/60	<ul style="list-style-type: none"><li>•2 filamentos.</li><li>•Cazoleta sobre 1 filamento.</li><li>•Uso proyectores principales.</li><li>•Admitido sólo para proyectores halógenos.</li></ul>	Similar al anterior pero con casquillo de código europeo. Se equipa en exclusividad para proyectores halógenos.

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

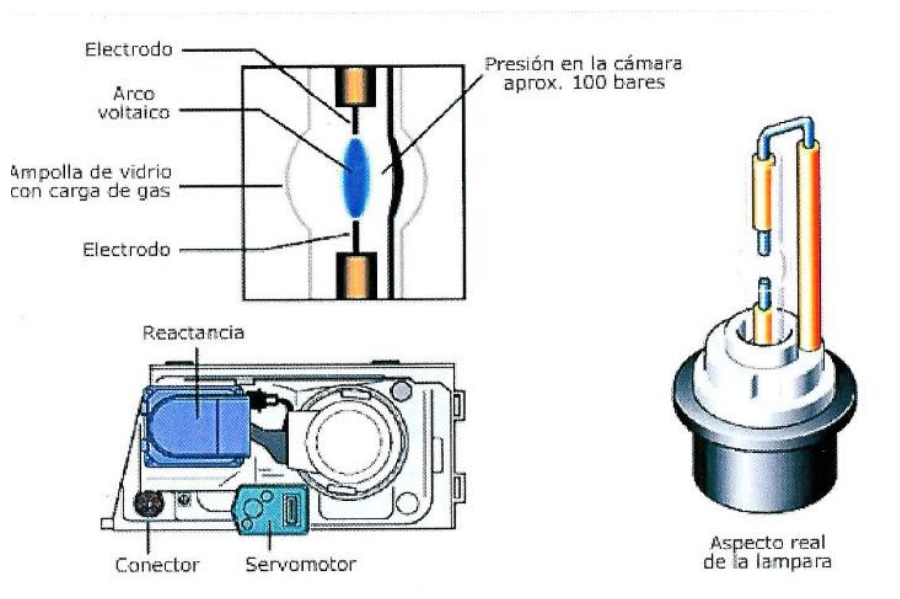
H7	400h	56	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 filamento.</li> <li>• Uso para proyectores principales (superficie compleja)</li> <li>• Menor emisión ultravioleta.</li> <li>• Adaptable a proyectores de plástico.</li> </ul>	Se fabrican con una gran precisión, ya que se suelen montar sobre proyectores de superficie compleja. Disponen de un filtro ultravioleta, y de un escudo para la luz directa.
----	------	----	---	---

*Tabla 1: Tabla de lámparas halógenas.*

### 2.2.3. Faros de descarga de gas.

Los faros con luz de xenón son empleados cada vez más en el segmento de los grandes automóviles, incluso en pequeños turismos.

Se entiende por descarga de gas la descarga eléctrica producida al pasar la corriente eléctrica a través de un gas, proceso en el que se emite la radiación. Este tipo de lámparas permite una mejor adaptación de los hábitos visuales, mayores alcances y una iluminación más clara y homogénea de la calzada.



*Ilustración 21: Lámpara de descarga de gas.*



## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

La lámpara de descarga de gas se rellena con xenón y una mezcla de haluros metálicos. Para su encendido y funcionamiento es necesario montar un circuito electrónico auxiliar. Cuando se aplica la tensión de encendido de 10 a 20 KV, el gas situado entre los electrodos se hace conductor (se ioniza) y origina la formación de un arco voltaico. Mediante la alimentación controlada de corriente alterna (400 Hz), la sustancia metálica de relleno se evapora como consecuencia del aumento de temperatura en el quemador y la lámpara emite luz.

La lámpara no suele alcanzar todo su brillo hasta unos segundos después de su encendido, cuando se han ionizado todas las partículas. Para acelerar este proceso, se hace circular una corriente de arranque más elevada. Una vez logrado el máximo rendimiento luminoso, se limita la corriente de la lámpara. Entonces es suficiente con una tensión de funcionamiento de sólo 85 V para mantener el arco voltaico. Esta técnica tiene ventajas decisivas en comparación con las lámparas de incandescencia:

- Larga duración, puesto que no se evapora el metal sólido y la lámpara no tiene ningún desgaste mecánico.
- Mayor rendimiento luminoso, proporciona una corriente de luz tres veces superior con una absorción de potencia menor. Este mayor rendimiento se transforma en un aumento de la seguridad activa, al poder reconocer los peligros con mayor antelación.
- Alta producción de luz, mediante una configuración mejorada del reflector, pantalla y lente se consigue un alcance claramente superior y una zona de dispersión bastante más ancha en la zona de proximidad. De esta forma se consigue una mejor iluminación del borde de la calzada, reduciendo considerablemente la fatiga visual del conductor, y por lo tanto aumentando el grado de seguridad.

En contrapartida, estos faros son más caros, al ser más complicada su fabricación y precisar de un equipo electrónico de control.

En las lámparas de descarga de gas el rendimiento luminoso es de unos 85lm/W lo que supone un aumento muy importante respecto a los otros tipos de lámparas.

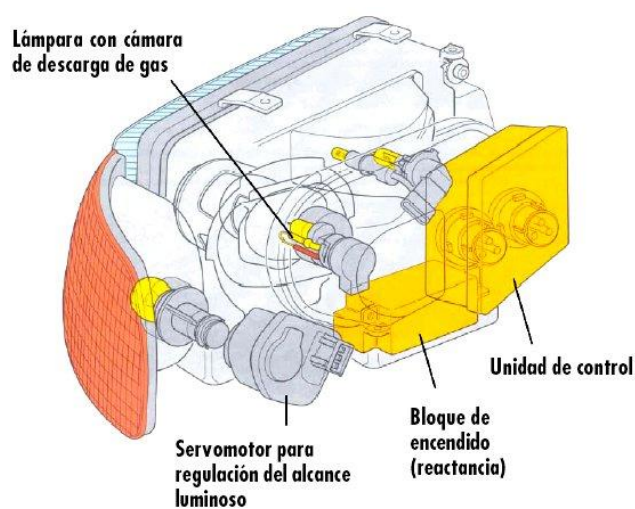


## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

### Tabla de lámparas de descarga de gas.

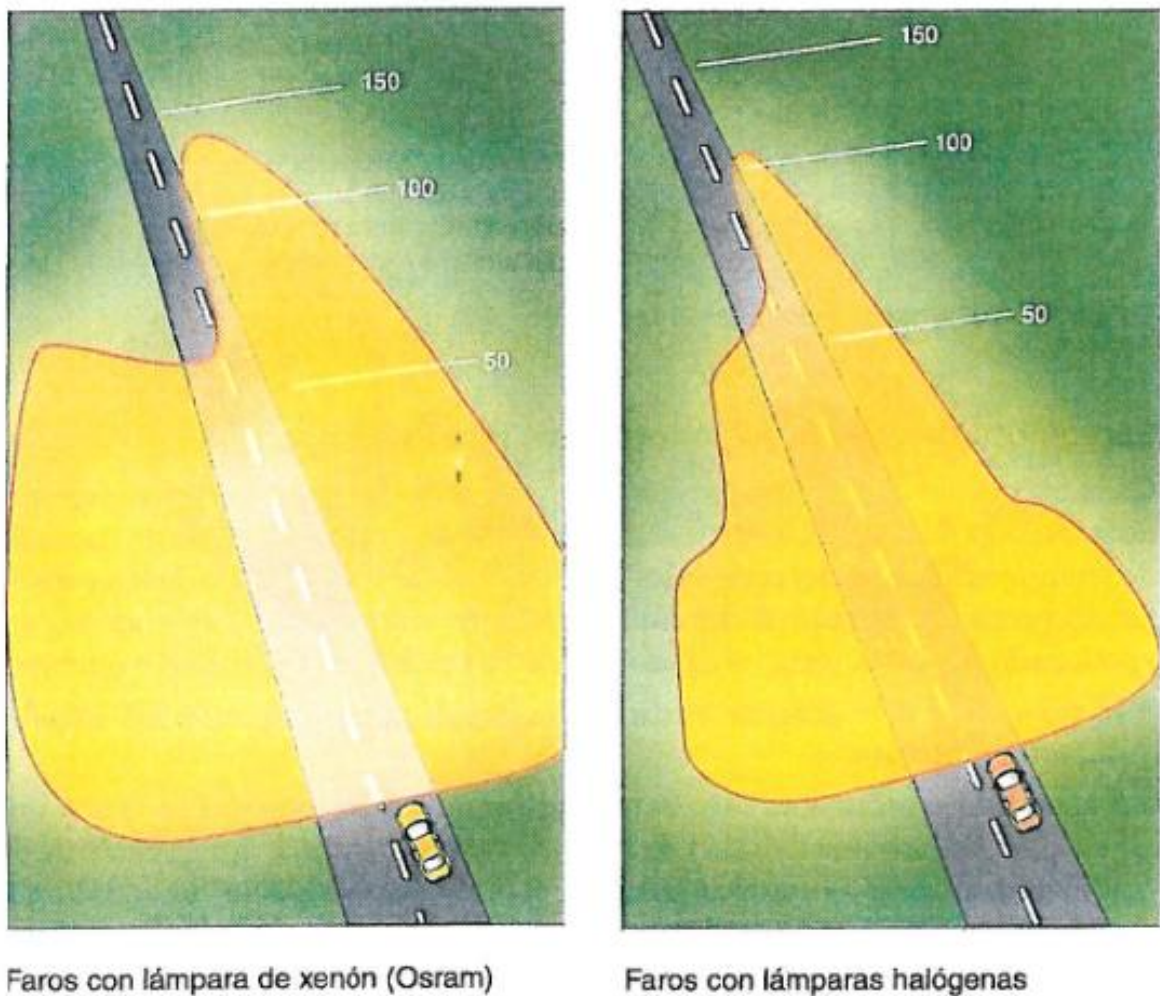
Denominación	Duración (media)	Potencia (12 V)	Especificaciones	Observaciones.
D2S, D2R	3000h	35	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispone de dos electrodos de tungsteno separados 4mm.</li> </ul>	Se utiliza en proyectores principales para cruce/carretera. Su flujo luminoso es de 3250 lm.

*Tabla 2: Tabla de lámparas de descarga de gas.*



*Ilustración 22: Faro de xenon.*

Comparación luz halógena y con lámpara de xenón.



*Ilustración 23: Comparación luz halógena y con lámpara de xenón.*

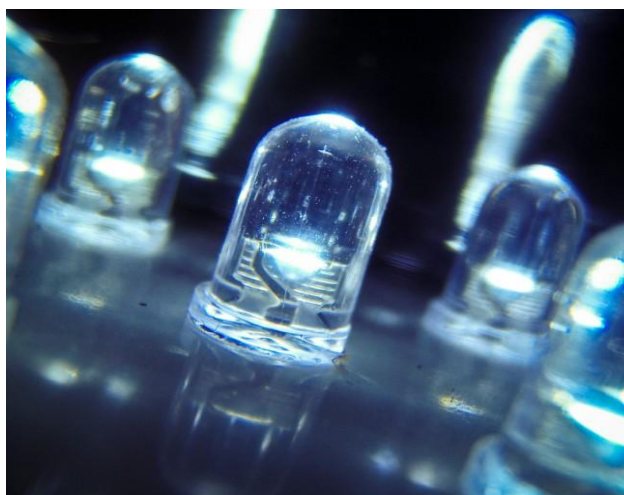
#### 2.2.4. Faros con luces de led.

LED son las siglas de *Ligth-Emitting Diode*, diodo emisor de luz en castellano. Los diodos son piezas electrónicas fabricadas con materiales semiconductores y cuya propiedad básica se utiliza de utilidad para la electrónica es la de conducir electricidad

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

cuando se le aplica corriente en un sentido determinado, y bloqueando la corriente cuando esta es aplicada en sentido contrario. Los LED, además de esta propiedad, que a priori no es muy útil para el mundo del automovilismo, tienen la capacidad de emitir luz cuando la corriente fluye a través de ellos.



*Figura 2. : LED.*

Los LED tienen dos características que los hacen deseables a la hora de formar parte de un faro. Por un lado tenemos que los LED no tienen apenas inercia lumínica, es decir, que el tiempo que transcurre entre que el LED empieza a encenderse y empieza a emitir luz al 100% de su capacidad es muy bajo, de hecho es prácticamente despreciable si se compara con la inercia lumínica de los faros halógenos o los de xenón.

Por otro lado tenemos que los LED consumen muy poca energía en comparación con la cantidad de luz emitida. Al ser componentes eléctricos muy sencillos, en los que la luz no viene de un filamento incandescente o un arco eléctrico, apenas se pierde energía en forma de calor, transformando la mayoría de la electricidad que recorre el diodo en luz.

Para la iluminación de un coche se necesita una fuente de luz bastante potente. El problema de los LED es que a pesar de ser muy eficientes, emiten, por lo general, poca cantidad de luz. Como consecuencia para la automoción se utilizan grupos de LED de la mayor potencia posible, pero intentando evitar que el tamaño de los mismos sea tal, que requieran de un sistema de refrigeración adicional.

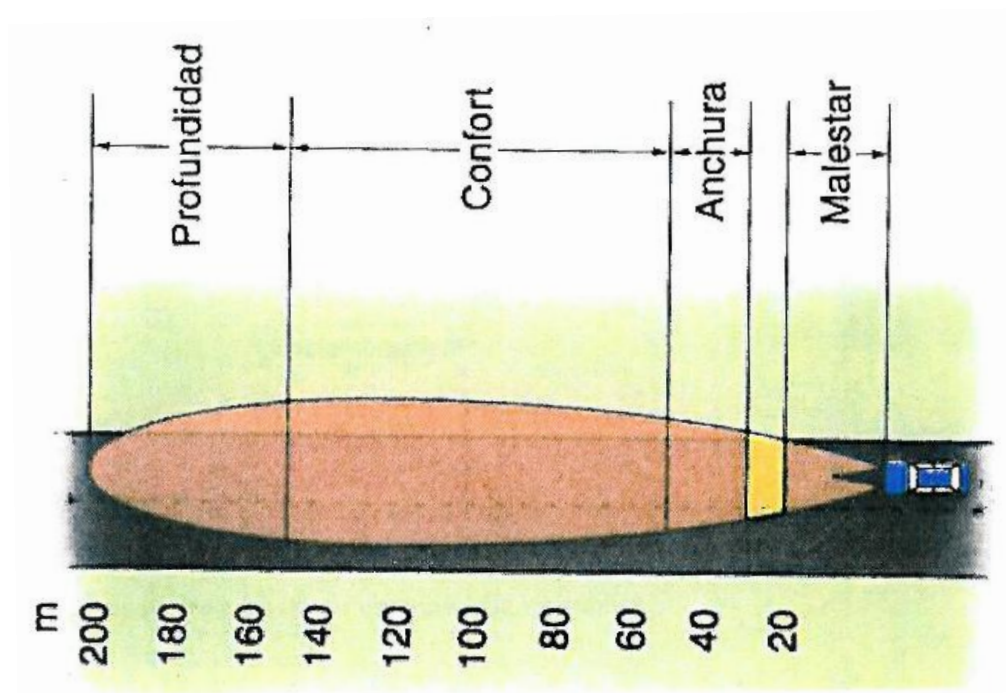
## 2.3. Zonas de alumbrado de un vehículo.

Las normas estipulan que debe existir un alumbrado de:

- Carretera o larga distancia, formado por dos o cuatro proyectores de largo alcance, capaces de alumbrar hasta una distancia de 100 metros por delante del vehículo y con una intensidad máxima total de 225.000 candelas.

El haz de carretera queda definido por 4 parámetros:

- Profundidad: Iluminación de la calzada a partir de 150 metros.
- Confort: Iluminación de la calzada entre los 50 y 150 metros.
- Anchura: Iluminación de la calzada entre 30 y 50 metros.
- Malestar: Exceso de luz hasta 20 metros.



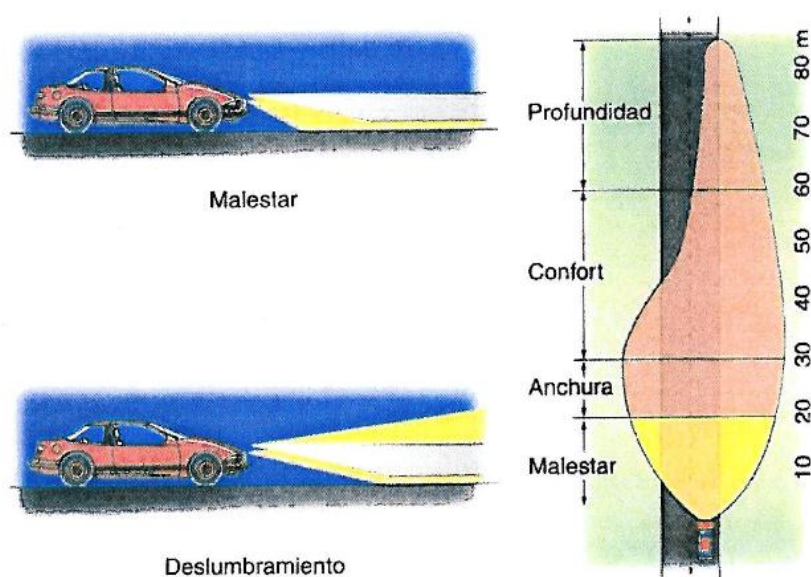
*Ilustración 24: Haz de luz de carretera.*

## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

- Cruce, formado por dos proyectores que iluminan una zona de 40 metros por delante del vehículo, sin deslumbrar a los conductores que circulen en sentido contrario ni demás usuarios de la vía pública.

El haz de cruce queda definido por 6 parámetros:

- Profundidad: Iluminación media en la carretera a partir de una distancia de 60 metros.
- Confort: Iluminación sobre la superficie de la carretera entre los 30 y 60 metros.
- Anchura: Iluminación media de la calzada a lo ancho de la carretera y en su periferia entre los 20 y 30 metros.
- Malestar: Exceso de iluminación del suelo en la proximidad del vehículo que impide ver más lejos y causa fatiga y malestar al conductor.
- Deslumbramiento: Cantidad de luz situada de 1 a 2% por encima del corte.
- Homogeneidad: Si el haz de luz no es homogéneo causa exceso o falta de luz, lo que impide una buena visibilidad.
- Homogeneidad dinámica: Si el haz de luz es homogéneo con el vehículo en movimiento.
- Homogeneidad estática: Si el haz de luz es homogéneo con el vehículo parado.



*Ilustración 25: Haz de cruce.*





## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

- Ordinario, formado por dos luces blancas en la parte delantera, visibles de noche a una distancia mínima de 300 metros (con tiempo claro), que no deslumbren ni molesten a los demás usuarios de la vía pública.



## CAPÍTULO 2: COMPOSICIÓN Y TIPOS DE FAROS.

---

# Capítulo 3

## Aspectos físicos de la iluminación.

### 3.1. Introducción.

Para comprender el funcionamiento de un regloscopio es imprescindible el conocimiento de una serie de aspectos físicos, entre los que cabe destacar las definiciones y diferencias entre la *Luminancia* y la *Iluminancia*, así como sus respectivas unidades *Candela* y *Lux*, y la relación que guardan entre ambas.

### 3.2. Definiciones previas.

#### 3.2.1. Ángulo sólido.

Es el ángulo espacial que abarca un objeto visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio limitada por una superficie cónica. Mide el tamaño aparente de ese objeto.



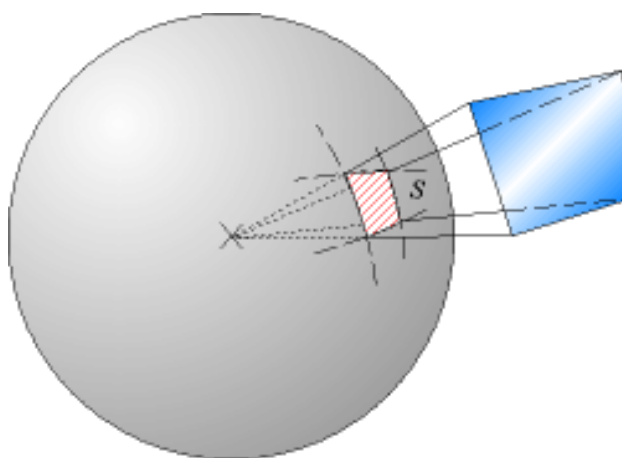
La unidad del ángulo sólido en el sistema internacional es el estereorradián (sr). Es el área del casquete esférico, en una esfera de radio unidad, abarcado por un cono cuyo vértice está en el centro de la esfera. Es una magnitud adimensional que será representada con el símbolo  $\Omega$ .

El cálculo del ángulo sólido se realiza mediante el cociente entre el área obtenida de cortar una esfera por un cono, cuyo vértice está situado en el centro de la esfera, y el cuadrado del radio.

$$\Omega = \frac{\text{Área}}{r^2}$$

Sustituyendo por el Área obtenida de cortar una esfera con un cono, se obtiene:

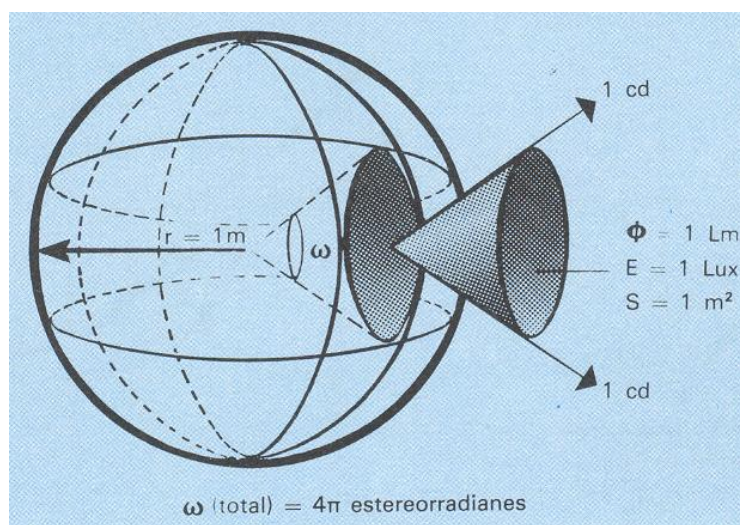
$$\Omega = \frac{\text{Área}}{r^2} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{r^2} = 4\pi \text{ (sr)}$$



*Ilustración 26: Ángulo sólido*

### 3.2.2. Estereorradián. (Sr)

El estereorradián es el ángulo sólido que, con vértice en el centro de la esfera, subtiende un área de la superficie de ésta, igual a la de un cuadrado cuyo lado tiene la longitud del radio de la esfera.



*Ilustración 27: Estereorradián.*

### 3.2.3. Candela (Cd).

La unidad de intensidad luminosa es el lumen por estereorradián (lm/sr), llamada candela. La candela o bujía, como a veces se le conoce, se originó cuando el patrón internacional quedó definido en término de la cantidad de luz emitida por la llama de una cierta bujía. Este procedimiento no resultó del todo adecuado y se reemplazó finalmente por el patrón de platino.

Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$  y cuya intensidad energética en dicha dirección es  $1/638$  vatios por estereorradián.

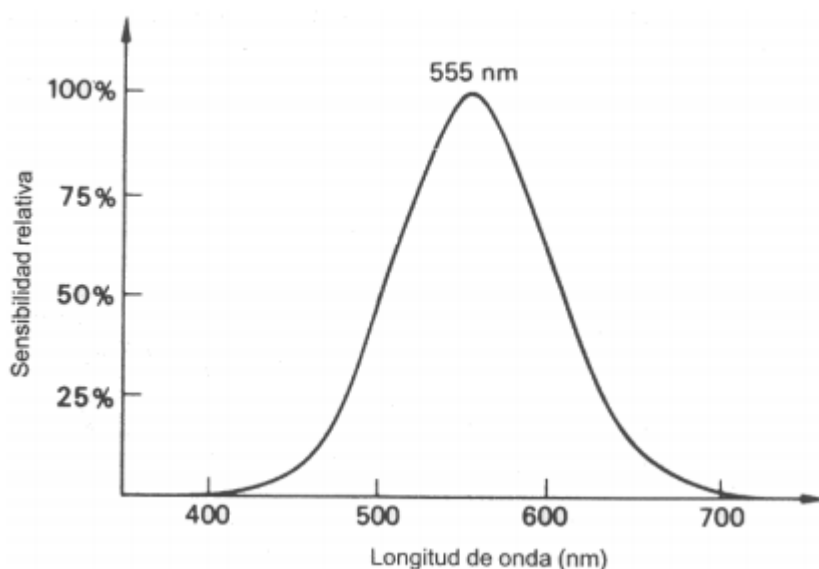
### 3.2.4. Flujo luminoso.

La mayoría de las fuentes de luz emiten energía electromagnética distribuida en múltiples longitudes de onda. Se suministra energía eléctrica a una lámpara, la cual emite radiación. Esta energía radiante emitida por la lámpara por unidad de tiempo se conoce como potencia radiante o flujo radiante. Pero solamente una pequeña porción radiante se encuentra en la región visible: en la región entre 400 y 700 nm. El sentido de la vista depende tan sólo de la energía radiada visible o luminosa por unidad de tiempo.

El *Flujo luminoso* ( $F$ ), es pues la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar al sentido de la vista.

En una lámpara normal incandescente, sólo aproximadamente el 10 por ciento de la energía radiante es flujo luminoso, es decir, la mayor parte de la potencia radiante no es luminosa.

Si la unidad elegida para el flujo luminoso debe corresponder a la respuesta sensitiva del ojo humano, es preciso definir una unidad específica ya que el vatio no es adecuado, debido a que las sensaciones visuales no son las mismas para colores diferentes, sino que depende de la longitud de onda. En otras palabras, iguales potencias radiantes de diferente longitud de onda no producen la misma brillantez. En la siguiente gráfica se muestra la respuesta del ojo ante distintas longitudes de onda.



*Ilustración 28: Curva de sensibilidad del ojo humano.*

Por lo tanto la unidad que se utiliza para medir el flujo luminoso es el *lumen* ( $lm$ ), el cual se determina en comparación a una fuente patrón reconocida internacionalmente.

Un *lumen* ( $lm$ ), es el flujo luminoso (o potencia radiante visible) emitido desde una abertura de  $\frac{1}{60} \text{ cm}^2$ , de una fuente patrón e incluido dentro de un ángulo sólido de 1 sr.

La fuente patrón consiste en un recipiente hueco que se mantiene a la temperatura de solidificación del platino, aproximadamente  $1773^{\circ}\text{C}$ . En la práctica es más conveniente usar lámparas incandescentes estándar que hayan sido calibradas por comparación con la lámpara patrón.

Otra definición más sencilla y conveniente de lumen utiliza la curva de sensibilidad del ojo vista en la figura anterior como base, para establecer el flujo luminoso.

Un *lumen* (*lm*), es equivalente a  $\frac{1}{680} W$ , de luz verde-amarilla de 55nm de longitud de onda.

Para determinar el flujo luminoso emitido por luz de diferente longitud de onda, debe usarse la curva de luminosidad a fin de compensar la sensibilidad visual.

$$F = 683,002 \int_{\lambda \text{ visible}} \phi(\lambda) v(\lambda) d\lambda$$

Donde  $F$  representa el flujo luminoso,  $\phi(\lambda)$  simboliza la potencia espectral del punto de luz en cuestión, y  $v(\lambda)$  la función sensibilidad de luminosa.

### 3.2.5. Intensidad luminosa.

La luz viaja radialmente hacia afuera en líneas rectas desde una fuente, la cual puede considerarse pequeña en comparación con sus alrededores. Para una fuente de luz de este tipo, el flujo luminoso incluido en un ángulo sólido ( $\Omega$ ) permanece constante a cualquier distancia de la fuente. Por lo tanto, con frecuencia es más útil hablar de flujo por unidad de ángulo sólido, que hablar simplemente de flujo total. La cantidad física que expresa esta relación se llama intensidad luminosa.

La *Intensidad luminosa* ( $I$ ) de una fuente de luz es el flujo luminoso  $F$  emitido por unidad de ángulo sólido  $\Omega$ .

Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. La unidad de la intensidad luminosa es el lumen por estereorradián, dicha unidad es conocida como candela (cd).

La expresión matemática de la intensidad luminosa es:

$$I_v = \frac{\partial F}{\partial \Omega}$$

Siendo:

$F$  El flujo luminoso medido en lúmenes.

$\partial \Omega$  El elemento diferencial del ángulo sólido medido en estereorradianes.

La intensidad luminosa se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la intensidad radiante sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo. Así, si  $I_v$  representa la intensidad luminosa,  $I(\lambda)$  representa la intensidad radiante espectral y  $V(\lambda)$  simboliza la curva de sensibilidad del ojo.

$$I_v = K \int_{visible} I(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

### 3.3. Luminancia (L).

El aparente brillo de una fuente luminosa cuando se observa directamente no debe confundirse con la emisión lumínica. El brillo de una fuente se mide en candelas por metro cuadrado ( $cd/m^2$ ), y a esta magnitud se la conoce como luminancia (lumen).

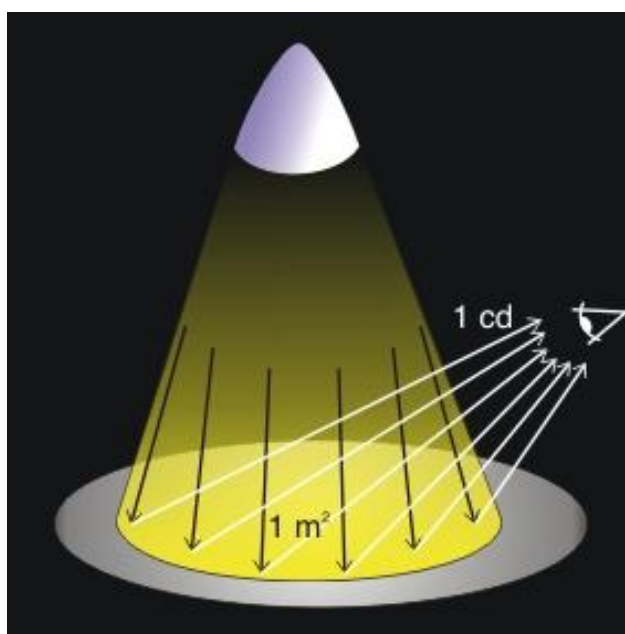
La luminancia se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la radiancia sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo. Así, si  $L_v$  es la luminancia,  $L(\lambda)$  representa la radiancia espectral y  $V(\lambda)$  simboliza la curva de sensibilidad del ojo, entonces:

$$L_v = k \int_{visible} L(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

Esta magnitud luminotécnica determina la impresión de mayor o menos claridad producida por una superficie. La luminancia es un concepto propio del brillo de un objeto, bien sea con relación a la luz de producción propia o bien reflejada (fuente que emite luz, fuente de luz sólo reflejada o fuente de luz de ambas emisiones). Como se ha explicado anteriormente puede ser definida como la sensación luminosa, que por efecto de la luz, se produce en la retina del ojo. Es la densidad superficial de la intensidad luminosa y se expresa como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie desde la cual se emite.

$$L_v = \frac{\partial I}{\partial S} \quad \frac{cd}{m^2}$$

La relación entre las luminancias de superficies contiguas se conoce como contraste.

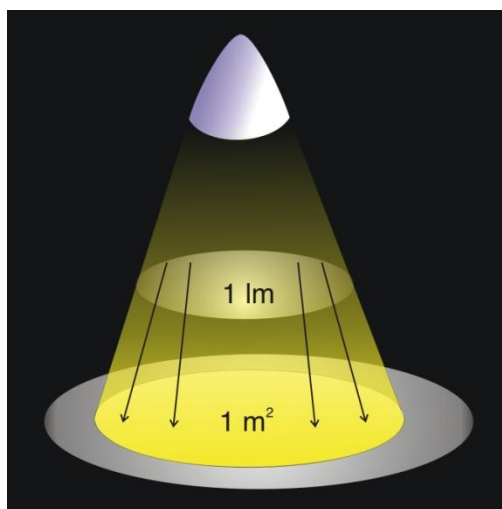


*Ilustración 29: Luminancia*

### 3.4. Iluminancia (E).

Si la intensidad de la fuente aumenta, el flujo luminoso transmitido a cada unidad de área en la proximidad de la fuente también aumenta. La superficie aparece más brillante. En la medición de la eficiencia luminosa, es interesante conocer la densidad del flujo luminoso sobre una superficie. Esto lleva entonces a analizar la iluminación de una superficie.

Dada una superficie, se denomina *iluminancia* o *iluminación* a la cantidad de flujo luminoso que dicha superficie recibe. Si se toma el flujo luminoso de 1 lumen distribuido uniformemente sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ , se obtendrá una iluminancia de 1 lux (lx).



*Ilustración 30: Iluminancia.*

La iluminancia se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la irradiancia sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo. Así, si  $E_v$  es la iluminancia,  $E(\lambda)$  representa la irradiancia espectral y  $V(\lambda)$  simboliza la curva de sensibilidad del ojo, entonces:

$$E_v = k \int_{visible} E(\lambda) V(\lambda) \partial \lambda$$

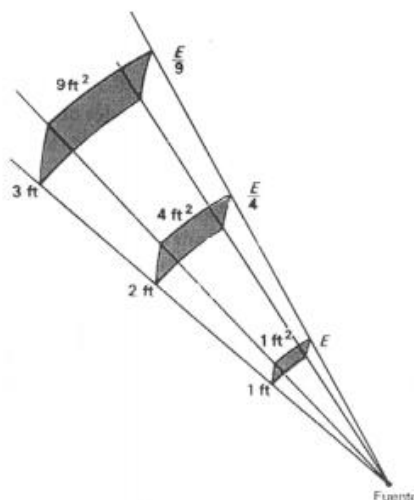
Si el rayo incidente es perpendicular, la intensidad luminosa sobre la superficie disminuye con el cuadrado de la distancia respecto a la fuente luminosa, por lo que se puede determinar la intensidad luminosa sobre una superficie a una distancia dada de la fuente mediante la expresión:

$$E_d = \frac{\partial I}{d^2} \left( \frac{lm}{m^2} \right) (lx)$$

Si el rayo incidente no es perpendicular a la pantalla, sino que tiene un cierto ángulo la intensidad luminosa, es directamente proporcional a la intensidad de la fuente y al coseno del ángulo de incidencia e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente y la pantalla.

En la siguiente figura se ilustra cómo, si la luz que ilumina una superficie se eleva el doble de su altura original. La iluminación será solamente una cuarta parte del total. Si se triplica la distancia de la lámpara, la iluminación se reduce a una novena parte del total.





*Ilustración 31: Variación de iluminación según distancia de la lámpara.*

### 3.5. Relación entre Luminancia e Iluminancia.

Como se ha visto anteriormente, mientras que la *iluminancia* describe la potencia luminosa que incide en una superficie, la *luminancia* representa la luz que procede de esa misma superficie.

La iluminancia (lux) no proporciona ni la más ligera idea de brillo subjetivo de las superficies desde el punto de vista personal (la iluminación de una tabla mate y la de una blanco intenso podría ser la misma, pero que su brillo sería completamente distinto).

La luminancia se centra en la luz que llega al ojo, que a fin de cuentas es la que se ve. Ya sea la que se ve directamente del foco, o la que se refleja procedente de un cuerpo. En ambos casos la definición es la misma.

Como conclusión es importante destacar que lo que ve el ojo, es solamente luminancias y no iluminancias.

## 3.6. Correspondencia Lux - Candela.

Para medir el brillo de una fuente de luz se utilizan las candelas. La cantidad de iluminación o iluminancia que una superficie recibe depende de la distancia de la fuente de luz y de la intensidad de la fuente, por lo tanto esta iluminancia se mide en pies candelas o, en unidades del sistema métrico decimal en *lux*.

El *lux* es una, unidad derivada basada en el *lumen* que a su vez es una unidad derivada directamente de la *candela*.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Lumen (Lm)} &= 1 \text{ cd} \cdot \text{sr} \\ 1 \text{ Lux} &= 1 \text{ Lm} / \text{m}^2 \end{aligned}$$



# Capítulo 4

## Homologación de faros.

### 4.1. Introducción.

En este capítulo se realiza una explicación sobre la homologación del alumbrado automotriz. Para conocer los datos y especificaciones necesarias sobre el correcto montaje, localización y funcionamiento de los dispositivos de alumbrado se ha utilizado la directiva “*Dispositivos de alumbrado y señalización (76/756/CEE)*”, así como la modificación de la misma “*Directiva (2007/35/CEE)*”. Esta modificación fue necesaria para adaptarse a los progresos técnicos sufridos por el alumbrado automotriz desde la aprobación de la primera directiva.

### 4.2. Especificaciones generales:

Todo vehículo de las categorías M y N debe estar provisto de:

## CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

---

- Dos o cuatro luces de carretera que emitan luz blanca.
- Dos luces de cruce que emitan luz blanca.

Color: El color de dichas luces será blanco, salvo en el caso de vehículos antiguos homologados o matriculados con luces amarillas.

Mediante inspección visual se comprobará:

- El número de luces.
- Su funcionamiento.
- Su situación.
- La homologación
- El estado de los dispositivos.
- El color de la luz emitida.
- La conmutación carretera/cruce.
- La orientación del haz luminoso de la luz de cruce.

### **4.3. Condiciones técnicas de los dispositivos de alumbrado y señalización óptica.**

- Las luces y dispositivos reflectantes que, siendo dobles, tengan la misma finalidad, se corresponderán en color e intensidad y estarán situadas simétricamente, a ser posible, a la misma distancia de los bordes del vehículo.
- Ninguna luz instalada en un vehículo será intermitente o de intensidad variables, a excepción de las luces indicadas para la señalización de cambios de dirección y emergencia.
- Las luces posteriores de posición deberán encenderse automáticamente siempre que el vehículo tenga encendidas cualquiera de las de carretera, cruce, delanteras de posición, placa posterior de matrícula o las antiniebla.
- Las luces antiniebla traseras sólo podrán encenderse cuando lo estén también las de carretera, las de cruce o las antiniebla delanteras.
- Las luces de posición delanteras deben estar encendidas siempre que lo estén las de cruce, las de carretera o las antiniebla delanteras.

#### CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

---

- Estas condiciones no se imponen para las luces de cruce o las de carretera cuando se utilizan para dar avisos luminosos.
- No se instalarán en los vehículos más luces que las autorizadas en el presente reglamento, prohibiéndose expresamente el uso de pinturas o dispositivos luminosos o reflectantes no autorizados.

CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

**Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos obligatorios.**

Dispositivo	Número	Color	Situación	Vehículos para los que es obligatorio
Luces de cruce y carretera.	2 ó 4 de carretera. 2 de cruce.	Blanco.	Delante, en los bordes exteriores.	Todos.
Luz de marcha atrás.	1 ó 2.	Blanco.	Detrás.	Todos.
Luces indicadoras de dirección.	Un número par mayor que 2.	Amarillo.	Bordes exteriores y laterales.	Todos.
Señal de emergencia.	Igual que indicadores de dirección.	Amarillo.	Igual que indicadores de dirección.	Todos.
Luz de frenado	2	Rojo.	Detrás, en los bordes exteriores.	Todos.
Luz de matrícula.	1	Blanco.	La necesaria para iluminar la placa.	Todos.
Luces de posición.	2 delanteras. 2 traseras.	Blanca delantera. Roja trasera.	Delante y detrás, en ambos casos en bordes exteriores.	Todos.
Luz antiniebla trasera.	1 ó 2.	Rojo.	1 izquierda o centro 2 bordes exteriores.	Todos.
Luz de gálibo.	2 delanteras. 2 traseras.	Blanca delantera. Roja trasera.	Lo más alto posible.	Anchura superior a 2,10 m.
Catadióptricos traseros no triangulares.	2	Rojo.	Detrás, en los bordes exteriores.	Todos.
Catadióptricos laterales no triangulares.	Mínimo 2.	Amarillo.	Lateral, uniformemente distribuidos.	Longitud superior a 6 m.
Luz de posición lateral.	Mínimo 2.	Amarillo.	Lateral, uniformemente distribuidos.	Vehículos para servicio público de viajeros.

*Tabla 3: Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos obligatorios.*



CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

**Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos opcionales.**

Dispositivos.	Número.	Color.	Situación.	Vehículos para los que es opcional.
Luz antinebla delantera.	2	Blanco o amarillo.	Delante.	Todos.
Luz de estacionamiento.	2 ó 4	Blanco delantera. Roja trasera. Amarillo lateral.	En los bordes exteriores.	Longitud menor a 6m. Anchura menor a 2 m.
Dispositivo luminoso o reflectante de indicación de apertura de puertas.				Todos.
Catadióptricos delanteros no triangulares.	2	Blanco.	Delante.	Todos.
Tercera luz de freno.	1	Rojo.	Detrás sobreelevada.	Todos.

*Tabla 4: Vehículos de las categorías M y N : Dispositivos opcionales.*



## 4.4. Solicitud de homologación.

La solicitud de homologación deberá presentarla el titular de la marca de fábrica o comercial o su representante debidamente autorizado. En la solicitud se especificará si el faro emite un haz de cruce y un haz de carretera o solo uno de esos haces.

Cuando se trate de un faro que emita un haz de cruce, si el faro está diseñado para los dos sentidos de circulación o solamente para la circulación por la izquierda o por la derecha.

Si el faro tiene reflector ajustable, indíquese la posición o posiciones de montaje del faro en relación con el suelo y el plano longitudinal medio del vehículo, en caso de que el faro se utilice solo en esa posición o posiciones.

La solicitud llevará adjunta por cada tipo de faro:

- Dibujos, por triplicado, lo suficientemente detallados como para hacer posible identificar el tipo, y en los que se muestre una vista frontal del faro con detalles de las nervaduras de la lente, si las hubiera, y un corte transversal; se indicará en los dibujos el espacio reservado para la marca de homologación
- Una sucinta descripción técnica.
- Dos muestras del tipo de faro.
- Para el ensayo del material plástico del que esté fabricada la lente es necesario trece lentes, de las cuales:
  - Seis de dichas lentes pueden sustituirse por seis muestras del material, de una dimensión mínima de  $60 \times 80$  mm, con una superficie exterior plana o convexa y un área sustancialmente plana en el medio (radio de curvatura no inferior a 300 mm) que mida al menos  $15 \times 15$  mm.
  - Cada una de esas lentes o muestras del material habrá sido fabricada mediante el método que se emplee para la fabricación en serie.
  - Un reflector en el que puedan montarse las lentes conforme a las instrucciones del fabricante.
  - Se adjuntará a los materiales de los que se compongan las lentes y, en su caso, los revestimientos, el acta del ensayo de las características de dichos materiales y revestimientos, si han sido ensayados ya.

- La autoridad competente comprobará la existencia de disposiciones adecuadas que garanticen un control eficaz de la conformidad de la producción previamente a la concesión de la homologación.

## 4.5. Composición de la marca de homologación.

La marca de homologación consistirá en una marca internacional compuesta por:

- La letra mayúscula “E” dentro de un círculo seguida del número (5) que identifica al país emisor de la homologación.
- El número de homologación exigido en el punto anterior.
- Si se trata de faros que cumplen únicamente los requisitos de circulación por la izquierda, una flecha horizontal dirigida hacia la derecha de un observador que se encuentre delante del faro, es decir, hacia el lado en el que se circula.
- Si se trata de faros diseñados para cumplir los requisitos de circulación por la derecha y por la izquierda mediante la adecuada regulación de la unidad óptica o lámpara, una flecha horizontal con una punta en cada extremo dirigida respectivamente a la derecha y a la izquierda.
- En el caso de los faros que cumplan los requisitos del presente Reglamento referentes al haz de cruce únicamente, la letra “C”.
- En el caso de los faros que cumplan los requisitos del presente Reglamento referentes al haz de carretera únicamente, la letra “R”.
- En el caso de los faros que cumplan los requisitos del presente Reglamento referentes tanto al haz de cruce como al haz de carretera, las letras “CR”.
- En el caso de los faros con una lente de material plástico, se colocarán las letras “PL” al lado de los símbolos exigidos en los puntos anteriores.

## CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

En los casos correspondientes, el dispositivo se marcará del siguiente modo:

Si se trata de faros que cumplen los requisitos del presente Reglamento y están diseñados de modo que el filamento del haz de cruce no se enciende al mismo tiempo que el de cualquier otra función de alumbrado con la cual pueda estar mutuamente incorporado, se colocará un trazo oblicuo (/) a continuación del símbolo de luz de cruce en la marca de homologación.

Si se trata de faros que únicamente cumplen los requisitos del anexo 4 del presente Reglamento cuando se alimentan con una tensión de 6 V o 12 V, se colocará un símbolo compuesto por el número 24 tachado por una cruz oblicua (X) cerca del soporte de la lámpara de incandescencia.

Los dos dígitos del número de homologación que indican la serie de enmiendas en vigor en el momento en que se emite la homologación y, si procede, la flecha exigida podrá colocarse al lado de los símbolos adicionales anteriores.



*Ilustración 32: Ejemplo de marca de homologación.*

## 4.6. Especificaciones particulares.

### 4.6.1. Luces de carretera.

- *Presencia* obligatoria en los vehículos de motor. Prohibida en remolques.
- El *número* de luces puede ser de 2 ó 4, sin ningún esquema de montaje en particular.

## CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

- En cuanto al *emplazamiento*, sólo la anchura está especificada. Los bordes exteriores de la zona iluminante no estarán, en ningún caso, situados más cerca del extremo de la anchura máxima del vehículo que los bordes exteriores de la zona iluminante de las luces de cruce.
- En *longitud*: Delante del eje delantero del vehículo y, montados de tal modo que la luz emitida no cause molestias al resto de conductores, ni directa, ni indirectamente a través de los espejos retrovisores y/o de otras superficies reflectantes del vehículo.
- *Visibilidad geométrica*: La visibilidad de la superficie iluminante, incluidas las zonas que no parezcan iluminadas en la dirección de observación considerada, quedará garantizada en el interior de un espacio divergente delimitado por generatrices que se apoyan en el perímetro de la zona iluminante y forman un ángulo de 5°, como mínimo, respecto al eje de referencia del faro.
- *Orientación*: Hacia delante. Aparte de los dispositivos necesarios para mantener una regulación correcta, cuando haya dos pares de luces de carretera, uno de ellos, constituido por faros que tengan únicamente la función de luz de carretera, podrá moverse en función del ángulo de giro de la dirección, produciéndose la rotación alrededor de un eje muy próximo a la vertical.
- *Agrupaciones y combinaciones*: Las luces de carretera pueden estar agrupadas con la luz de cruce y con las demás luces delanteras. No podrán estar combinadas con ninguna otra luz.
- *Conexiones eléctricas*: El encendido de las luces de carretera podrá efectuarse simultáneamente o por pares. Al pasar de haces de cruce a haces de carretera, se exigirá el encendido de, al menos, un par de luces de carretera. Al pasar de haces de carretera a haces de cruce, deberán apagarse todas las luces de carretera simultáneamente. Las luces de cruce podrán permanecer encendidas al mismo tiempo que las luces de carretera.
- *Intensidad*: La intensidad máxima del conjunto de los haces de carretera que pueden encenderse al mismo tiempo no deberán sobrepasar las 255000 cd. Dicha intensidad máxima se obtendrá sumando las intensidades máximas individuales medidas en el momento de la homologación del tipo e indicadas en los certificados de homologación pertinentes.

### 4.6.2. Luces de cruce.

- *Presencia* obligatoria en los vehículos a motor. Prohibida en los remolques.
- El *número* de luces debe ser de 2, sin ningún esquema de montaje en particular
- *Emplazamiento*:
  - *Anchura*: El borde de la zona iluminante más alejado del plano longitudinal mediano del vehículo no se hallará a más de 400 mm del extremo de la anchura del vehículo.
  - *Altura*: A un mínimo de 500 mm y un máximo de 1200 mm del suelo.
- *En longitud*: En la parte delantera del vehículo. Se considerará cumplida esta condición si la luz emitida no molestara al resto de conductores, ni directa ni indirectamente a través de los espejos retrovisores y/u otras superficies reflectantes del vehículo.
- *Visibilidad geométrica*: Viene definida por los “ángulos de visibilidad geométrica”, los cuales definen la zona del ángulo sólido mínimo en la que la superficie aparente de la luz debe ser visible. La citada zona del ángulo sólido viene determinada por los segmentos de una esfera cuyo centro coincide con el centro de referencia de la luz y cuyo ecuador es paralelo al suelo. Dichos segmentos se determina a partir del eje de referencia. Los ángulos horizontales  $\beta$  corresponden a la longitud y los ángulos verticales  $\alpha$  a la latitud. Dentro del campo formado por:
  - $\alpha = 15^\circ$  hacia arriba y  $10^\circ$  hacia abajo.
  - $\beta = 45^\circ$  hacia el exterior y  $10^\circ$  hacia el interior.

La casi totalidad de la superficie aparente de la luz deberá ser visible.

- *Orientación*: Con el vehículo en vacío y una persona en el asiento del conductor, la inclinación vertical inicial estará entre  $1^\circ$  y  $1,5^\circ$ , debiendo permanecer luego entre  $0,5^\circ$  y  $2,5^\circ$  sin intervención manual alguna. Se admitirán los dispositivos de regulación manual, continua o gradual siempre que tengan una posición de reposo que permita regular los faros dándoles la orientación inicial indicada anteriormente por medio de tornillos de regulación adicionales. Estos dispositivos podrán accionarse desde el asiento del conductor. Sobre el mando de los dispositivos de regulación continua figurarán puntos de referencia, indicando las situaciones de carga más características.

- *Agrupaciones y combinaciones*: Podrán estar agrupadas con las luces de carretera y con las demás luces delanteras. No podrán estar combinadas con ninguna otra luz.
- *Conexiones eléctricas*: El mando de paso a luz de cruce apagará simultáneamente todas las luces de carretera. Las luces de cruce podrán permanecer encendidas al mismo tiempo que las luces de carretera.

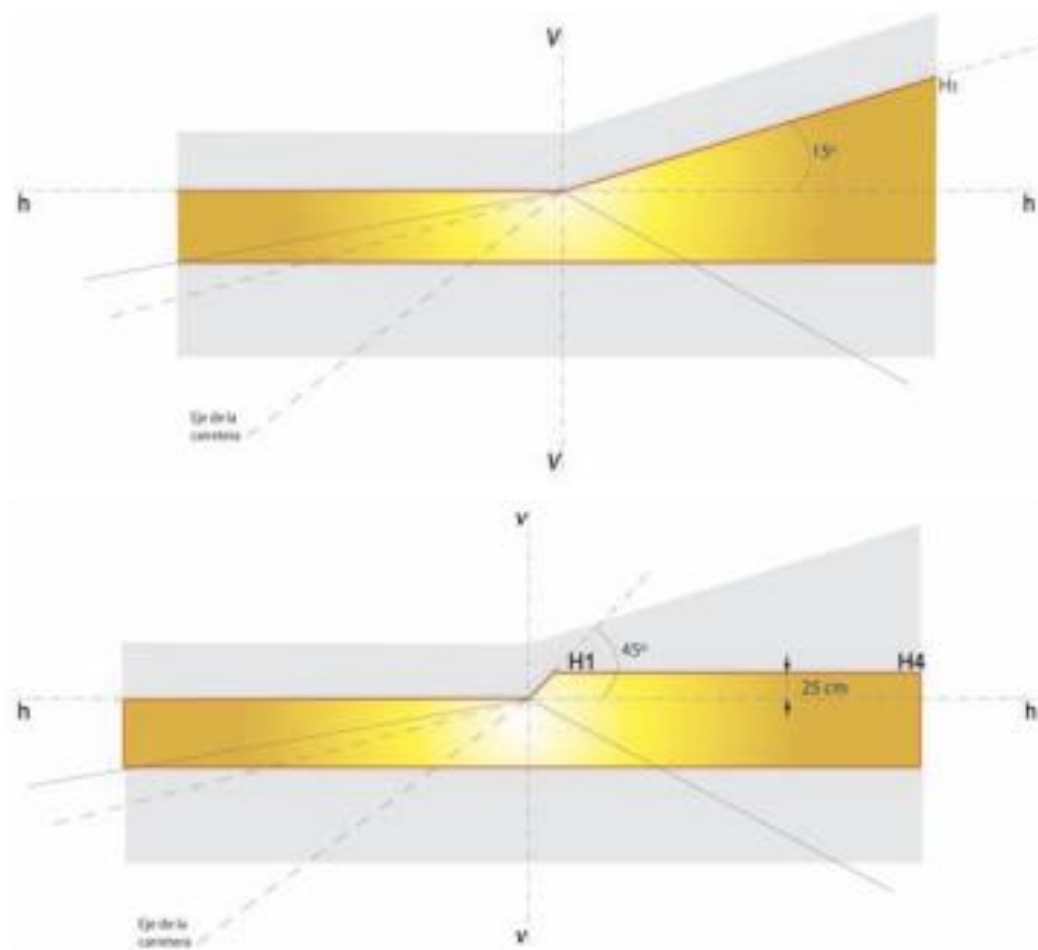
## 4.7. Requisitos técnicos para la homologación.

De forma general, los dispositivos de alumbrado deben conservar las características de iluminación durante su uso normal, incluso al verse sometidos a las vibraciones y sacudidas propias de un vehículo durante su marcha. Deben disponer de un sistema de regulación, y estar hechos de modo que incluso en la oscuridad pueda montarse la lámpara de incandescencia correctamente.

Respecto a las características del haz de luz, el reglamento establece que:

La iluminación proporcionada por el dispositivo se determinará sobre una pantalla vertical situada a 25 metros del faro, formando un ángulo recto con sus ejes y lo suficientemente ancha como para permitir el análisis de las características fotométricas en al menos 5 grados a ambos lados del eje vertical. Las pruebas se hacen instalando en el faro una lámpara alimentada con un voltaje ajustable a fin de obtener el flujo luminoso establecido en el reglamento para la lámpara correspondiente.

El haz de cruce deberá producir una línea de corte lo suficientemente precisa como para permitir, con su ayuda, un ajuste satisfactorio de la proyección de haz sobre la pantalla. La línea de corte deberá ser horizontal en el lado izquierdo (para la circulación por la derecha). En el lado derecho (para la circulación por la derecha) la línea de corte no se situará por encima de la línea quebrada hv-H1-H4, formada por una línea recta hv-H1 que forma 45° con la horizontal, y la línea recta H1-H4, situada 25 cm por encima de la línea recta hh, o la línea hv-H3, inclinada formando un ángulo de 15° por encima de la horizontal. En la figura que se muestra a continuación se pueden observar las diferentes zonas de iluminación posibles a la derecha e izquierda del haz de luz.

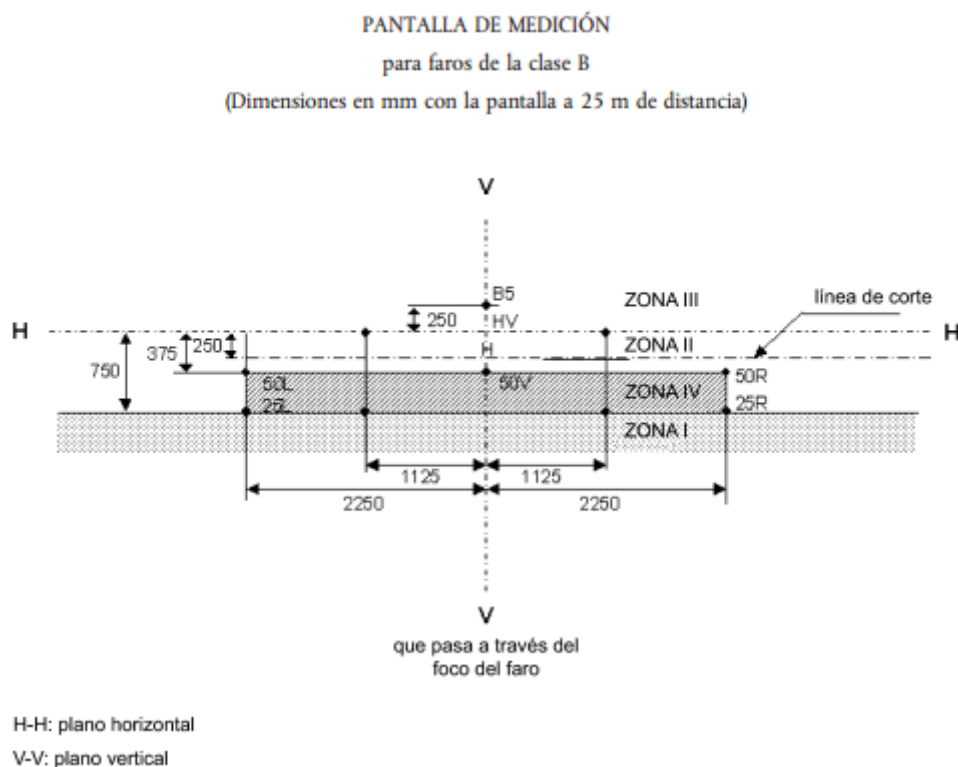


*Ilustración 33: Zonas de iluminación posibles del haz de luz*

Una vez determinada la línea de corte horizontal, el faro se ajustará de modo que esta línea de corte quede 25 cm por debajo de la línea hh.

La verificación de que el nivel de iluminación del haz de cruce es correcto, se hace en varios puntos de la pantalla, según se indica en la siguiente imagen. En esta misma figura se muestran los niveles mínimos y máximos establecidos para dispositivos de clase B.

## CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.



*Ilustración 34: Niveles de iluminación del haz de cruce.*

Para la verificación total de que el dispositivo no deslumbra se definen otras zonas para las cuales se establecen unos valores máximos de iluminación. Los valores permitidos deberán estar dentro de los siguientes límites:

$$P1 + P2 + P3 \geq 0,3 \text{ lux}$$

$$P4 + P5 + P6 \geq 0,6 \text{ lux}$$

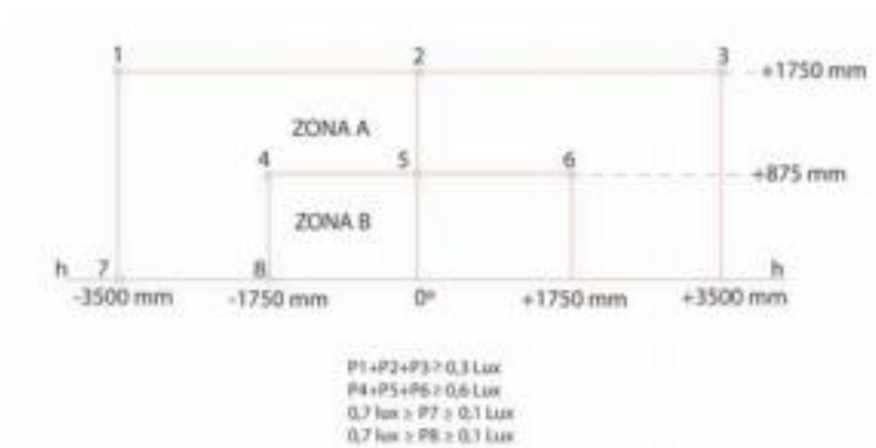
$$0,7 \text{ lux} \geq P7 \geq 0,1 \text{ lux}$$

$$0,7 \text{ lux} \geq P8 \geq 0,2 \text{ lux}$$

Las zonas para las que se establecen estos rangos son las indicadas en la siguiente figura.



## CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.



*Ilustración 35: Niveles máximos de iluminación.*

Para la medición de los parámetros fotométricos, la posición de ajuste del faro será la obtenida en la verificación del haz de cruce. El punto de intersección (hv) de las líneas hh y vv de la pantalla deberá estar dentro de una zona (curva isolux) con un nivel de iluminación ( $E_M$ ) superior al 80% de la máxima proporcionada por el proyector, que a su vez no será inferior a 32 lux en los faros de clase B o C, y a 51,2 lux en los faros clase D. Mientras que el valor máximo no superará en ningún caso los 240 lux si se trata de faros de la clase B, ni los 180 lux si se trata de faros de las clases C y D. Tampoco se podrá tener un valor 16 veces mayor que el valor medio en el punto 75R del haz de cruce.

La intensidad máxima ( $I_M$ ) del haz de carretera, expresada en miles de candelas, se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$I_M = 0,635 E_M$$

La marca de referencia ( $\acute{I}_M$ ) de esta intensidad máxima y cuyo valor redondeado se refleja en cada faro, junto a la marca de homologación, es calculada según la fórmula:

$$\acute{I}_M = \frac{I_M}{3} = 0,208 E_M$$

El resultado de esta ecuación será redondeado a uno de los siguientes valores: 7.5 - 10 - 12.5 - 17.5 - 20 - 25 - 27.5 - 30 - 37.5 - 40 - 45 ó 50.

#### CAPÍTULO 4: HOMOLOGACIÓN DE FAROS.

---

Partiendo del punto  $h_v$ , horizontalmente hacia la derecha y hacia la izquierda, la iluminación deberá ser como mínimo igual a 12 lux, en el caso de los faros de clase B y C, y a 24 lux, en el caso de los faros de clase D, y hasta una distancia de 1125 mm; y por lo menos igual a 3 lux, en el caso de faros de las clases B y C, y a 6 lux en el caso de los faros de clase D, hasta una distancia de 2250mm.



# Capítulo 5

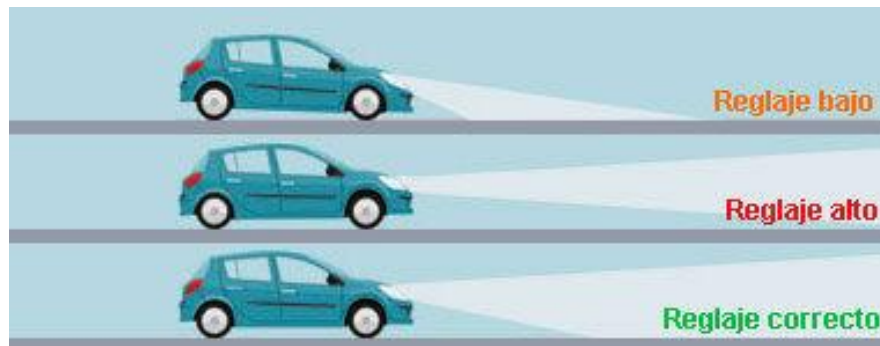
## Reglaje de altura y horizontalidad de los faros.

### 5.1. Importancia del reglaje de faros.

Al ser los proyectores elementos de seguridad, deben estar regulados convenientemente para evitar la pérdida de visibilidad, o deslumbrar a los conductores de los vehículos que circulan en sentido contrario. Un desreglaje de un grado hacia abajo de diferencia respecto a lo indicado por el fabricante del vehículo provoca una disminución apreciable de la eficacia luminosa de los proyectores. Por el contrario, un desreglaje de un grado hacia arriba multiplica por 20 el nivel de deslumbramiento.

Cuando los proyectores están regulador correctamente, proyectan un haz de luz con una inclinación hacia el suelo comprendida entre -1% y -1,5% con relación a la horizontal que pasa por el centro del proyector. Una inclinación inferior al 0,5% proyecta un haz de luz demasiado alto, provocando un deslumbramiento que produce una disminución durante varios segundos de las facultades de visión del conductor que circula en sentido contrario. En cambio un haz de luz con una inclinación superior al

2,5%, proyecta un haz demasiado bajo, disminuyendo notablemente la zona iluminada y por lo tanto la visibilidad, creando malestar e inseguridad en el conductor. Ambas irregularidades pueden, y de hecho provocan, accidentes de tráfico que son fácilmente evitables sensibilizando a los conductores sobre la importancia que tiene realizar un mantenimiento periódico del sistema de iluminación.



*Ilustración 36: Reglaje de faros.*

## 5.2. Reglaje manual de los faros.

### 5.2.1. Luz de cruce.

Aunque en este proyecto el interés se ha centrado en el reglaje de la intensidad luminosa de los faros, estos también necesitan un reglaje de altura y horizontalidad, para asegurar su correcto funcionamiento y evitar deslumbrar al resto de conductores. Este tipo de reglaje, al contrario que el de la intensidad, puede realizarse de forma manual por el propio conductor siguiendo una serie de simples pasos.

Previamente a la regulación, se carga el vehículo con el fin de simular las condiciones normales de marcha. En el caso de automóviles con una persona en los asientos traseros o en su defecto un peso de 70 Kg; en motocicletas se colocará una persona en el asiento del conductor y en el caso de los camiones no se aplicará ningún tipo de carga. Una vez colocado el tipo de carga correspondiente se rodará unos metros con el vehículo para que se compense la suspensión.

Lo primero que se debe hacer es encontrar una zona perfectamente plana y horizontal sobre la que se va a colocar el vehículo, con una pared lisa, preferiblemente blanca en la que poder marcar las líneas de referencia.

## CAPÍTULO 5: REGLAJE DE ALTURA.

Se aproxima el automóvil a una pared y se calcula el punto medio del vehículo. Se marca en la pared el punto y a partir del mismo se dibuja una línea vertical, que será representada con la letra A.

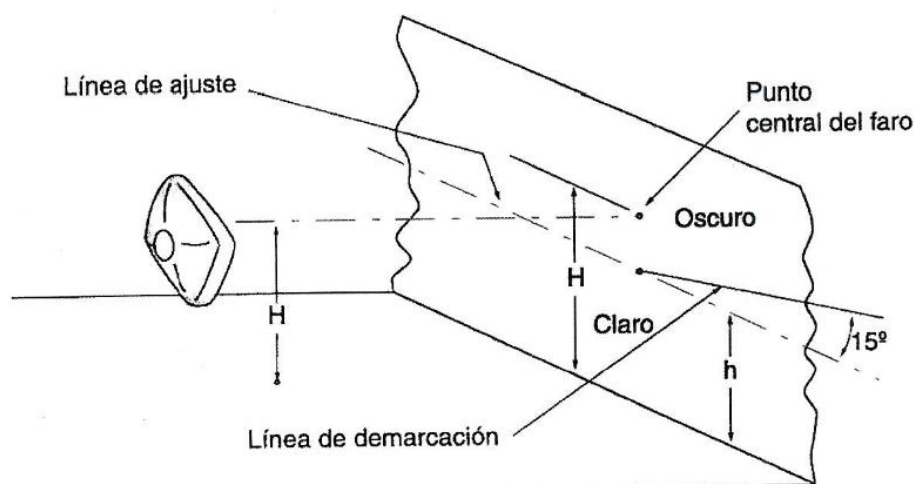
La segunda línea a trazar va a representar la altura entre el suelo y el centro de cada faro, para ello se toma como referencia la punta de cada foco de la luz baja del vehículo. Esta distancia es señalada por una línea horizontal que recorre toda la pared y será representada por la letra H.

A continuación se marcan dos puntos que representan los centros de cada faro, y a partir de ellos dos líneas paralelas y verticales que representan la distancia entre ambos centros y que serán nombradas por las letras B y C respectivamente.

La última línea a trazar es una línea paralela a la línea H. Para calcular la distancia entre la nueva línea y la línea H, utilizamos la siguiente fórmula:

$$e = \frac{h}{3}$$

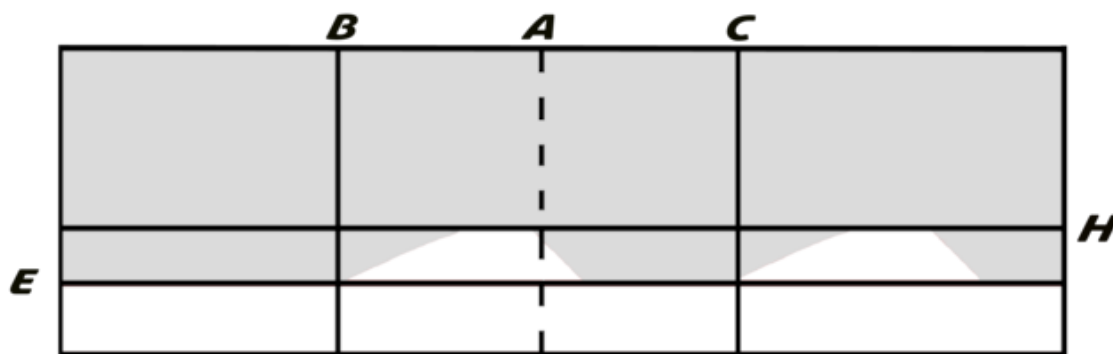
Siendo  $h$  la altura a la que se encuentra la línea H. Con este resultado se obtiene la distancia, por debajo de la línea H, a la que se debe trazar una línea paralela a la misma, y que se la conocerá con la letra E.



*Ilustración 37: Marcas para reglaje manual.*

## CAPÍTULO 5: REGLAJE DE ALTURA.

Una vez se tienen todas las líneas de referencia dibujadas en la pared se aleja el coche unos 10 metros y se compara la imagen que proyectan las luces en la pared con el esquema que se muestra a continuación.



*Ilustración 38: Diagrama para regulación manual de faros.*

Como se puede observar en la imagen la luz emitida por ambos faros requiere de una determinada altura y apertura hacia el lado izquierdo. Esta apertura es debida a la forma de conducir del país en cuestión, debido a que en España la conducción se realiza por el lado derecha, las luces son proyectadas con una apertura hacia la izquierda (esta inclinación es aproximadamente unos  $15^\circ$ ), de tal manera que se impida lo máximo posible el deslumbramiento del resto de conductores.

En caso de que el diagrama que se proyecta en la pared no se ajuste al que aparece en la figura se deben regular los faros utilizando los ajustadores que se encuentran en la parte posterior del mismo. De esta manera, y como se muestra en la fotografía posterior se puede regular el faro lateralmente y verticalmente girando cada tornillo regulador.



*Ilustración 39: Tornillos reguladores de altura.*

### **4.1.2. Luz de carretera.**

La luz de carretera debe ser simétrica respecto al plano vertical central, con el máximo de luz en el eje central del faro. Los faros de carretera se regulan de forma independiente horizontal y simétricamente respecto al centro del faro y el punto central.

En el caso de utilizar faros con lámparas de doble filamento, al regular la luz de cruce quedan reguladas las luces de carretera.

## **4.2. Reglaje con regloscopio.**

En los talleres y en los centros de ITV se utiliza el Regloscopio para comprobar y corregir el reglaje de los faros de un automóvil, y de esta manera conseguir un funcionamiento óptimo y eficaz de los mismos.

El regloscopio concentra a través de una lente condensadora el haz de luz sobre una pantalla situada en plano focal de la lente, en la cual se proyecta el haz. De este modo el regloscopio es capaz de reproducir el haz de luz que el faro proyecta sobre la



## CAPÍTULO 5: REGLAJE DE ALTURA.

---

carretera, para poder observar con facilidad si el reglaje es el correcto o por el contrario produce deslumbramiento.



*Ilustración 40: Regloscopio.*

El regloscopio consta de un regulador de grados en la parte trasera, con el cual se debe ajustar la inclinación de los faros. Estos datos de inclinación vienen marcados por el fabricante en la parte posterior de la carcasa de los mismos.

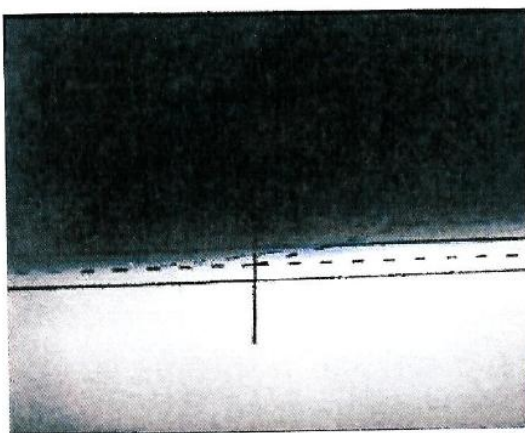


*Ilustración 41: Ajuste de inclinación.*

## CAPÍTULO 5: REGLAJE DE ALTURA.

Una vez ajustada la inclinación de los faros, se procede al movimiento vertical del regloscopio para ajustar la altura del tubo óptico a la de los faros del vehículo.

El interior del tubo óptico es una cámara oscura con una pantalla al fondo. Esta pantalla es girada entre 1 y 2 grados según la inclinación de los faros. En el extremo delantero hay instalada una lente, cuya misión es condensar la imagen, muy reducida, producida por el foco del vehículo, de tal forma que esta imagen pueda verse reflejada en la pantalla que se encuentra en el fondo del tubo.



*Ilustración 42: Pantalla del regloscopio.*

En la pantalla se muestra una marca que indica la situación del centro de la lente y las líneas de referencia para el ajuste de los faros. De este modo el operario que realiza el reglaje puede observar en cada momento y simplemente mirando la pantalla a través de una ventana dispuesta para tal efecto, si el haz de luz está centrado. La medida de la intensidad luminosa se realiza por medio de un luxómetro incorporado en el equipo.



*Ilustración 43: Luxómetro analógico graduado.*

En la parte superior del regloscopio se encuentra un espejo en el que, al igual que en la pantalla interior, hay dibujadas una serie de líneas de referencia, que en este caso son utilizadas para comprobar la linealidad de ambos faros.



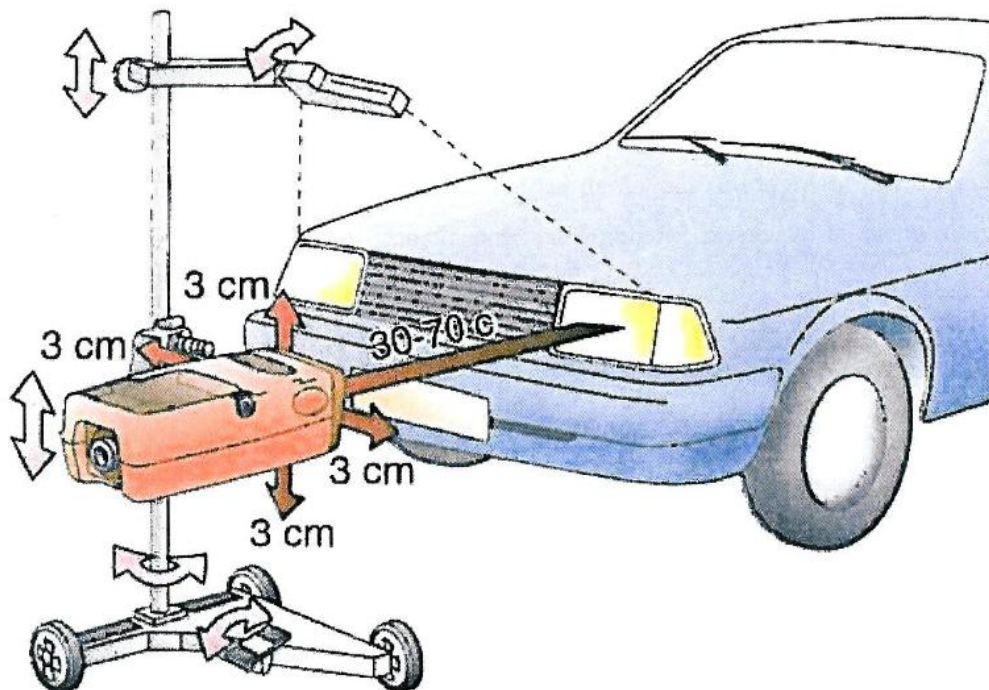
*Ilustración 44: Espejo para regular horizontalidad.*

### 4.2.1. Proceso de regulación.

- 1º. Buscar una zona perfectamente nivelada, sobre la que posicionar el vehículo, ya que la falta de nivel puede ser causa de falseo en las comprobaciones.
- 2º. En los vehículos de suspensión neumática o hidráulica es preciso que el motor funcione 4 o 5 minutos antes de la prueba para que la altura del vehículo no sufra variaciones.
- 3º. El equipo de regulación se coloca delante del faro a una distancia entre 20 y 50 cm.
- 4º. Se sitúa la cámara óptica a la altura del faro ( $\pm 3$  cm) y si fuera necesario se regula la horizontalidad de la cámara, actuando sobre los dispositivos de regulación.
- 5º. Se procede a la lectura de la altura del faro; con esta medida se realiza la elección de la inclinación del haz luminoso (2.5% o 3%) actuando sobre el volante de escala.

## CAPÍTULO 5: REGLAJE DE ALTURA.

- 6°. Se coloca la cámara óptica en el centro del vehículo. Mirando a través del visor, se gira la cámara en sentido horizontal hasta lograr poner en equilibrio dos puntos laterales simétricos y el punto central del vehículo. Se desplaza el equipo lateralmente hasta centrarlo con el faro regular.
- 7°. Se enciende la luz del faro que se quiere regular y se procede a proyectar el haz luminoso sobre la pantalla de control de la cámara óptica.
- 8°. La línea de demarcación entre la zona clara y oscura creada por el haz antideslumbrante (luz de cruce) debe coincidir con la línea de ajuste.



*Ilustración 45: Esquema de reglaje por regloscopio.*

El deslumbramiento excesivo de la luz de cruce así como de la intensidad de iluminación de la luz de carretera pueden ser debidos al uso de una lámpara con el filamento deformado, por un deflector defectuoso, por un portalámparas defectuoso o mal colocado, o por una tensión incorrecta de alimentación de la lámpara.





# Capítulo 6

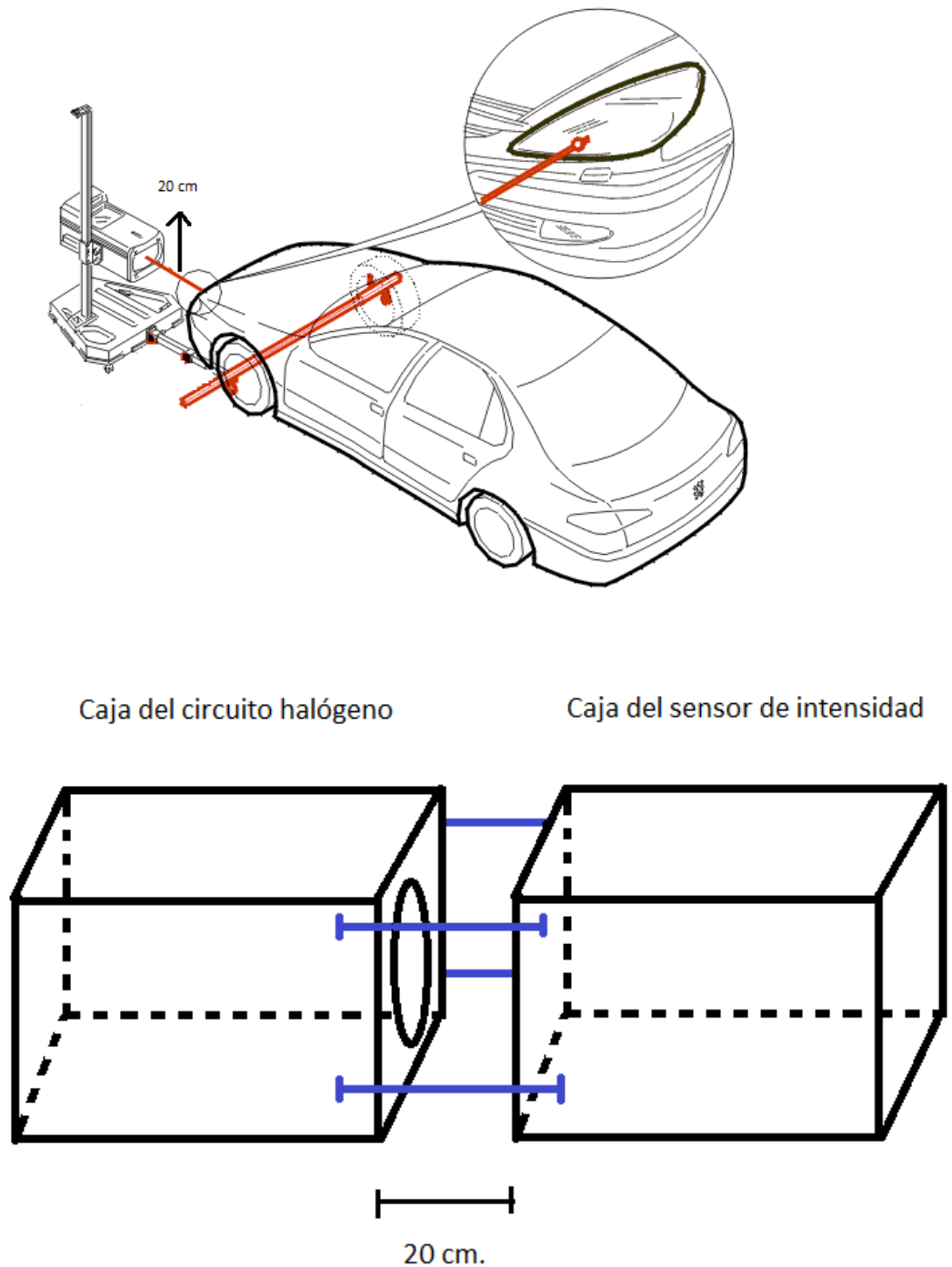
## Diseño del dispositivo de verificación de un regloscopio.

### 6.1. Introducción.

Se va a realizar el diseño del dispositivo de verificación de un regloscopio capaz de medir la intensidad luminosa de un foco halógeno. Este dispositivo debe ser capaz de verificar que dicho faro cumple las características de intensidad luminosa impuestas por la homologación a la que deben regirse los dispositivos de alumbrado automotriz.

El diseño está compuesto por dos cajas de base de plástico y tapa de policarbonato, separadas entre sí 20 cm. Esta distancia ha sido elegida tomando como referencia la distancia a la que habría que colocar el regloscopio analógico del faro del vehículo para poder realizar el reglaje correctamente. Puesto que este dispositivo verificará esa operación de reglaje, se ha tomado la misma medida como separación de las cajas para la futura calibración.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.



*Ilustración 46: Espacio entre cajas.*

Los faros son responsables dos tareas fundamentales y opuestas: una es la de tratar de conseguir proyectar una luz potente que garantice una conducción segura, con una cierta difusión cerca del vehículo.



Por otra parte es imprescindible que esta potente luz no deslumbre a los conductores de los vehículos que circulan por la misma vía. Esto hace necesario la incorporación de una luz de más baja intensidad luminosa (luz de cruce), que sin deslumbrar, permita una iluminación suficiente para mantener una velocidad razonable con la suficiente seguridad.

El alumbrado de las luces de carretera llega a deslumbrar. Sin que nada se pueda hacer al respecto por el fabricante, la única solución es el cambio a la luz de cruce en el momento en que dos vehículos van a cruzarse en sentido contrario. Por esto mismo es importante que la luz de cruce tenga la máxima potencia posible sin llegar a deslumbrar. Lo que hace imprescindible un preciso reglaje de los faros, tanto en altura, como en intensidad luminosa.

Para regular la intensidad lumínica se utiliza un sensor. Estos sensores funcionan de forma que, según la intensidad luminosa que reciben varían sus características eléctricas dentro del circuito. Como se podrá ver con detenimiento en el apartado dedicado a dichos sensores, estos permiten determinar los lux que reciben, y de esta manera, comprobar mediante el reglamento de homologación que está dentro del rango permitido.

Según el reglamento de homologación C.E.E. a 25 metros: las luces de cruce tienen que mostrar una intensidad luminosa comprendida entre 6 lux como mínimo y un máximo de 144 lux, mientras que el haz de luz de carretera no deberá tener una intensidad que sea menor a 32 lux ni mayor a 240 lux.

## **6.2. Circuito regulador de intensidad (primera caja).**

La primera de las cajas va a contener el circuito con el halógeno, de tal manera que simulará el faro de un vehículo. Las lámparas de alumbrado se clasifican de acuerdo con su casquillo, su potencia y la tensión de funcionamiento. El tamaño y la forma de la ampolla dependen fundamentalmente de la potencia de la lámpara.

La intensidad del faro se puede regular a través de la potencia luminosa, es decir, a mayor potencia luminosa, mayor intensidad lumínica suministrará la lámpara.

Para realizar el dispositivo de verificación se dispondrá de un circuito que sea capaz de regular la intensidad del foco halógeno. De tal manera que disponga de, varias posiciones, y que en cada una de ellas el faro tenga una potencia lumínica distinta. El fin de este regulador de intensidad es que el sensor, sufra distintas variaciones en cuanto a

la intensidad luminosa que recibe de la lámpara. De esta manera, se puede tomar varios puntos que garanticen la calibración del dispositivo.

Para conseguir el mejor regulador de intensidad posible se han probado tres circuitos distintos, los cuales van a ser explicados con detalle a continuación.

### **6.2.1. Regulador de intensidad mediante resistencias e interruptores.**

En primer lugar se ha diseñado un circuito capaz de variar la potencia. Este circuito consta de tres posiciones distintas, y en cada una de ellas el foco tendrá una intensidad luminosa diferente. Para conseguir estas posiciones se han utilizado tres interruptores que dejarán pasar la corriente por uno u otro camino, de tal manera que según el interruptor que esté cerrado la corriente tendrá que atravesar una resistencia de mayor o menor resistividad. Esto afectará a la potencia que se transmite a la lámpara y por consiguiente a la intensidad luminosa emitida por el faro.

#### **6.2.1.1. Circuito en primera posición.**

En la primera posición del circuito el interruptor de la rama más elevada del circuito permanecerá cerrado, dejando pasar la corriente por el ramal del circuito que no tiene ninguna resistencia. Por lo tanto, en esta posición el circuito solamente consta de un foco halógeno unido directamente a la batería de 12v.

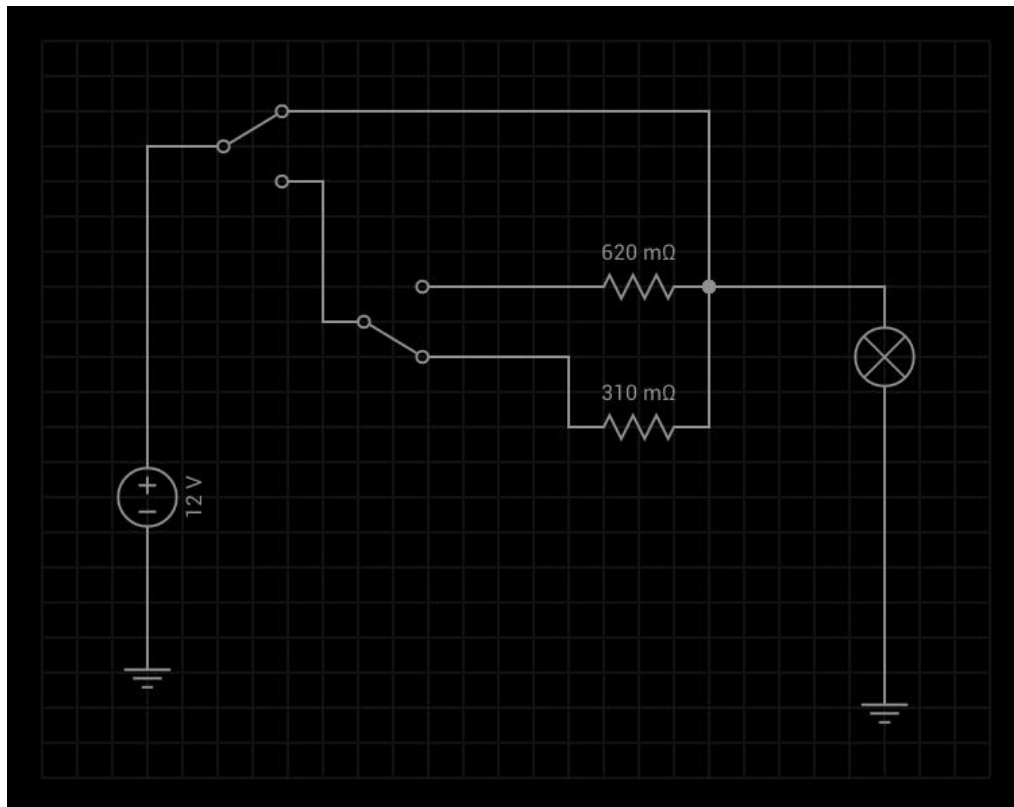
La intensidad luminosa que emitirá el faro, depende como se ha dicho anteriormente de la potencia eléctrica que se consiga generar en dicho en la lámpara. La potencia eléctrica puede ser calculada a partir de tres fórmulas distintas según los factores que se tengan en cuenta.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad , \quad P = i^2 \cdot R \quad , \quad P = V \cdot i$$

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

Utilizando cualquiera de las tres fórmulas, y teniendo en cuenta que para esta primera posición la lámpara está directamente enganchada a la batería, podemos calcular sustituyendo la potencia eléctrica del faro.

$$P = 20W$$



*Ilustración 47: Circuito del faro en primera posición.*

### 6.2.1.2. Circuito del faro en segunda posición.

Con este tipo de circuito solamente es posible mantener la tensión de 12v en la lámpara en la primera posición. Debido a que, en las otras dos situaciones, para poder variar la potencia en el faro, se ha tenido que colocar una resistencia entre la batería y el foco, lo que provoca que, irremediablemente, haya una caída de tensión en la resistencia.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

Debido al problema explicado de no poder mantener con este tipo de circuito la tensión a 12v, se ha decidido, para esta segunda posición fijar la potencia en 11,5v. Y a partir de esta tensión calcular cual sería el valor en ohmios de la resistencia a utilizar, para una vez conocida esta resistencia hallar la potencia a la que va a lucir la lámpara.

Siendo:  $V_{out}$  , la tensión a la que funciona la lámpara.

$V_{in}$  , la tensión de entrada de la batería = 12v.

$R_L$  , El valor de la resistencia de la lámpara.

$R_2$  , El valor de las resistencias que se añaden para variar la tensión.

$$V_{out} = \frac{R_L}{R_2 + R_L} \cdot V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_L}{R_2 + R_L}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2 + R_L}{R_L} = \frac{R_2}{R_L} + 1$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} - 1 = \frac{R_2}{R_L}$$

$$R_2 = R_L \cdot \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right)$$

$$R_2 = R_L \cdot \left( \frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right)$$

Se conoce que:

CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

---

$$R_L = \left( \frac{12^2}{20} \right)$$

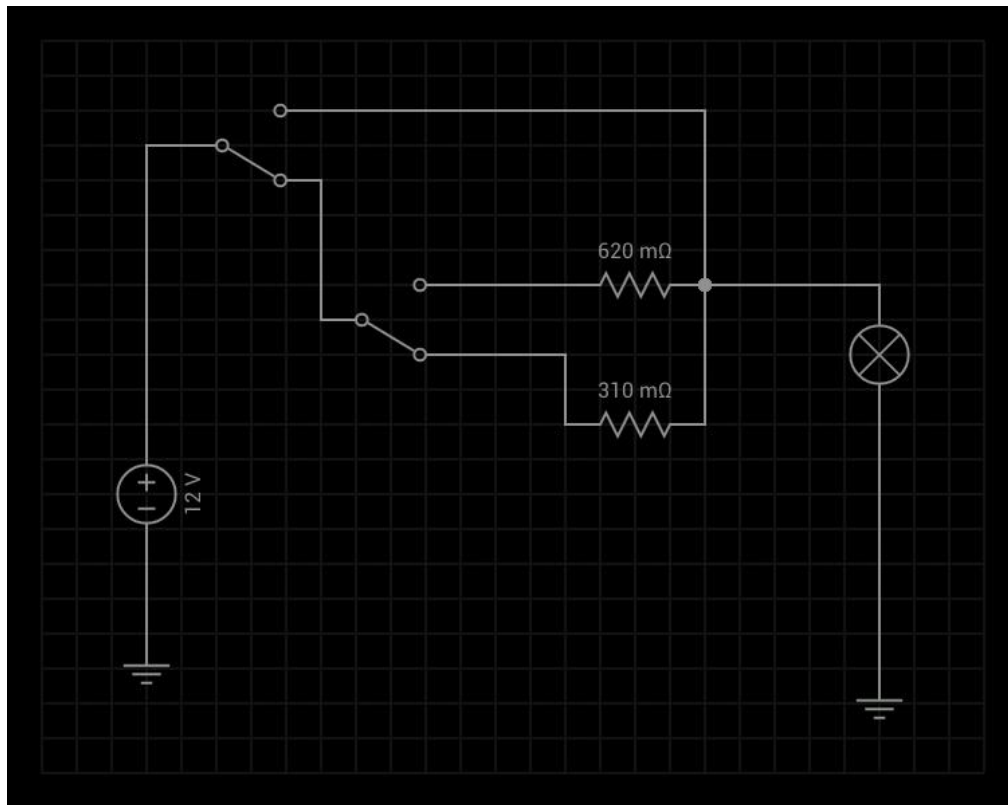
Sustituyendo este valor de  $R_L$  , y  $V_{in} = 12v$ , en la fórmula despejada y recuadrada anteriormente tenemos que:

$$R_2 = \left( \frac{12^2}{20} \right) \cdot \left( \frac{12}{V_{out}} - 1 \right)$$

Por lo tanto:

- Para una  $V_{out} = 11,5v$  , elegida para este segundo circuito se obtiene un valor en ohmios para la resistencia de  $R_2 = 0,31 \Omega$ .
- En el primer circuito  $V_{out} = 12v$  , ya que la lámpara está directamente conectada a la batería, y como demostración al sustituir en la formula de la resistencia  $V_{out}$  por un valor numérico de 12, el resultado obtenido para la resistencia necesaria es de  $R_2 = 0 \Omega$ .

En la siguiente figura se muestra el circuito en esta segunda posición, en la cual se puede observar como los interruptores solamente dejan pasar la corriente por la zona de la resistencia de  $0,31 \Omega$ .



*Ilustración 48: Circuito del faro en segunda posición.*

En esta segunda posición, el faro emitirá una intensidad luminosa menor a la que emitía en el apartado anterior, ya que en este caso, al haber una resistencia entre la batería y la lámpara de valor  $R_2 = 0,31 \Omega$ , la potencia eléctrica que hay en la bombilla se verá disminuida hasta un valor de:

$$P = 18,36 \text{ W}$$

### 6.2.1.3. Circuito del faro en tercera posición.

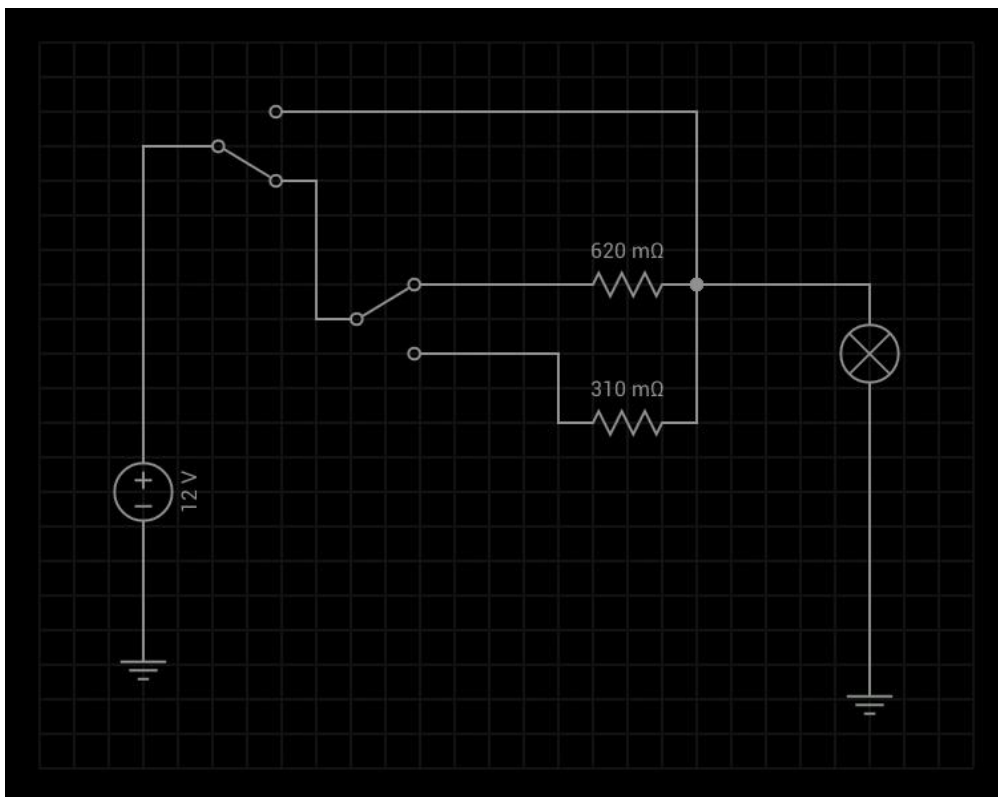
Para esta tercera posición se ha fijado la caída de tensión en la lámpara en 11v. Por lo que utilizando el mismo procedimiento de cálculo que en el apartado anterior, se despeja en la fórmula:

$$R_2 = \left( \frac{12^2}{20} \right) \cdot \left( \frac{12}{V_{out}} - 1 \right)$$

Sustituyendo  $V_{out} = 11\text{v}$ , y se obtiene un valor  $R_2 = 0,62 \Omega$ .

En esta tercera posición, es en la que, la resistencia que se encuentra entre la batería y el faro es de mayor resistividad, y por tanto es la que provoca que la tensión de funcionamiento de la lámpara sea la menor de las tres opciones. Esto influye a su vez en que la potencia eléctrica sea la menor y que por lo tanto la intensidad luminosa también disminuya en comparación a los dos primeros apartados. Utilizando cualquiera de las tres fórmulas descritas anteriormente podemos hallar la potencia.

$$P = 16,8 \text{ W}$$



*Ilustración 49: Circuito del faro en tercera posición.*

## 6.2.2. Circuito regulado por un LM 317.

El problema con el que nos encontramos en el circuito anterior es que las caídas de tensión del circuito dependían exclusivamente de las resistencias utilizadas en el montaje. Lo que impedía mantener constante la tensión de entrada al foco.

Para mantener esa tensión constante se implantó un LM 317 unido a un circuito de acoplamiento entre las tres resistencias y la lámpara. De tal manera que gracias al LM 317 se debería poder variar la potencia eléctrica del faro manteniendo la tensión de funcionamiento del mismo constante.

### 6.2.2.1. Funcionamiento de un LM 317.

En muchas ocasiones es necesario que un sistema trate de mantener constante alguna magnitud por sí mismo, en este caso el LM 317 se utiliza para mantener constante la tensión de salida, independientemente de la corriente que se esté consumiendo y de la tensión de entrada.

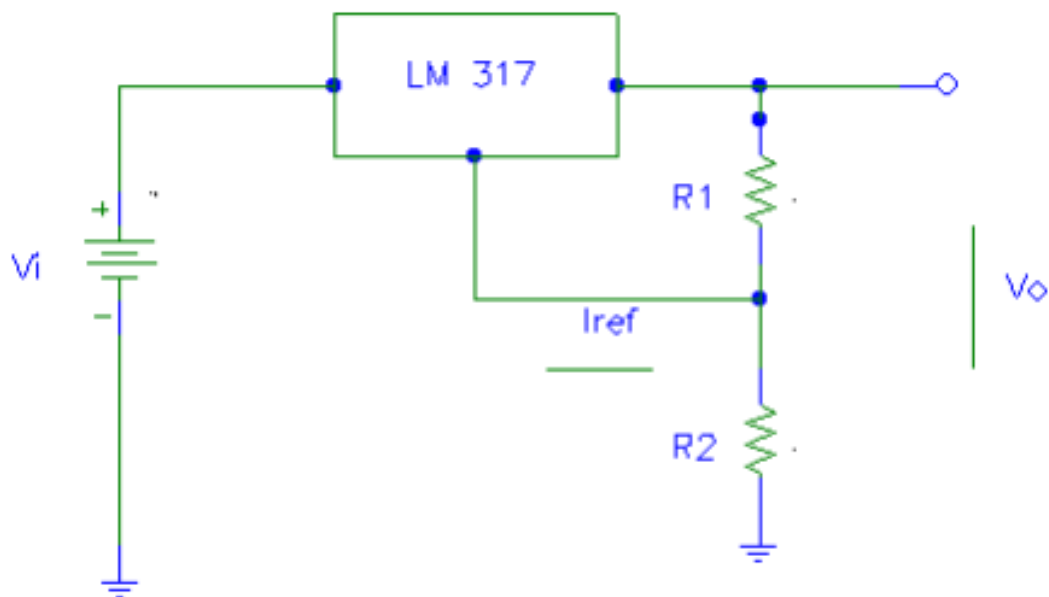
El LM utiliza una tensión de referencia  $V_{ref} = 1,25\text{v}$ , esta tensión es convertida a la corriente de programación  $I_{prog}$ , y esta corriente constante fluye a través de  $R_2$  a tierra. De esta forma, la tensión regulada valdrá  $V_0 = I_{prog} \cdot (R_2 + R_1)$ , mientras que  $I_{prog} = \frac{V_{ref}}{R_1}$  y que por tanto despejando podemos obtener la formula que la tensión de salida, la cual podrá ser regulada en función de las resistencia  $R_2$  y  $R_1$ , para mantener un valor constante de dicha tensión.

$$V_0 = \frac{V_{ref}}{R_1} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot I_{adj} \cdot R_2$$

Ya que la corriente  $I_{adj}$  representa un término de error en la ecuación anterior, el circuito integrado es diseñado para mantener dicha corriente constante y con valores pequeños del orden de los  $100\mu\text{A}$ .



En el caso de nuestro circuito la tensión de entrada al LM 317 serían los 12v, que aporta la batería, menos la tensión de caída en las resistencias de las distintas posiciones. De tal manera que aun siendo estas tensiones de entrada distintas, podrían ser reguladas por el LM y hacer que en las tres posiciones la lámpara estuviese alimentada a la misma tensión.



*Ilustración 50: LM con circuito de acoplamiento.*

### 6.2.3. Circuito con regulador con tensión.

Aun que los dos modelos de circuito anteriores cumplieran en mayor o menor medida, las pretensiones iniciales, fueron desestimadas a la hora de calibrar el aparato de verificación. En ambos circuitos el foco halógeno variaba su intensidad luminosa en tres puntos, lo que hacía imposible hacer una calibración precisa por mínimos cuadrados con una cantidad de datos tan escasa.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

---

En este momento se pensó que la solución era regular el foco halógeno por medio de un regulador de tensión. Con este sistema se podría variar la intensidad luminosa del foco tantas veces como fuese necesario. Y por lo tanto, obtener tantos puntos como se crean convenientes para la calibración del sistema.

Como fuente de alimentación se pensó en poner una batería de 12v, pero debido al excesivo peso y tamaño de las baterías con las que se disponía se decidió alimentar el circuito directamente de la red de corriente domestica. Esto hizo necesario el uso de un transformador, al cual le entra corriente a 230v y trasmite al foco halógeno corriente con una tensión de 12v.

## **6.3. Circuito de acondicionamiento del sensor (segunda caja).**

En la segunda caja se encuentra el circuito necesario para el acondicionamiento de un sensor de intensidad lumínica. Este sensor será el encargado de medir la variación de intensidad luminosa del foco halógeno.

### **6.3.1. Sensores de medida intensidad luminosa.**

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio de intensidad de luz. Estos sensores requieren de un componente emisor de luz (foco halógeno), y un componente receptor que perciba la luz generada por el emisor (fotorresistencia).

Los sensores de intensidad luminosa se utilizan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica. Además puede incluir electrónica para el acondicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

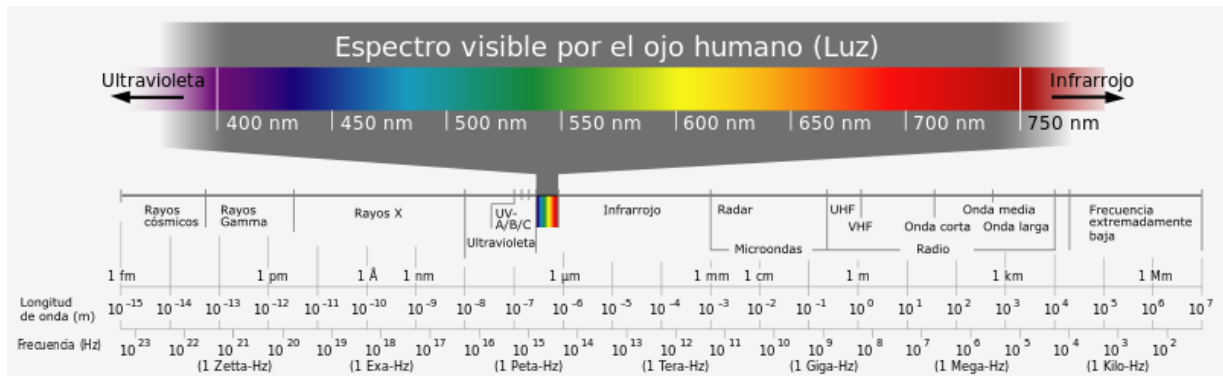
#### **6.3.1.1. Espectro electromagnético.**

A la hora de elegir un sensor para la medición de intensidad luminosa es imprescindible conocer el rango de longitud de onda en el que se encuentra la luz, que dicho sensor debe captar, ya que según el rango se deberá escoger un tipo sensor u otro.

Atendiendo a su longitud de onda, la radiación electromagnética recibe diferentes nombres. Desde los energéticos rayos gamma (con una longitud de onda del orden de picómetros) hasta las ondas de radio (longitudes de onda del orden de varios kilómetros) pasando por la luz visible cuya longitud de onda está en el rango de las décimas de micra. El rango completo de longitudes de onda forma el espectro electromagnético, del cual la luz visible no es más que un minúsculo intervalo que va desde la longitud de onda correspondiente al violeta (380 nm) hasta la longitud de onda del rojo (780 nm). Los colores del espectro se ordenan como en el arco iris, formando el llamado espectro visible.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

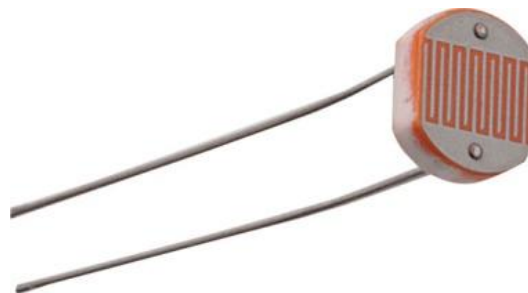
Si hablamos de luz en el sentido estricto nos referimos a radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda es capaz de captar el ojo humano, pero técnicamente, el ultravioleta, las ondas de radio y las microondas también son luz, pues la única diferencia con la luz visible es que su longitud de onda queda fuera del rango que podemos detectar con nuestros ojos.



*Ilustración 51: Espectro electromagnético.*

### 6.3.1.2. Fotorresistencias.

Dentro de los sensores fotoeléctricos se puede encontrar muchos tipos diferentes, según, cual vaya a ser la aplicación para la que se les necesite. Una de las situaciones más comunes en la que se necesita un sensor fotoeléctrico es aquella en la que el sensor debe variar entre dos posiciones; según haya o no luz en el ambiente. Otros, en cambio, se utilizan para medir un cambio más o menos brusco en la intensidad de luminosa. En nuestro caso la situación es más compleja ya que el sensor debe medir por los menos 3 cambios en la intensidad luminosa emitida por el foco, por lo que la única solución posible ha sido la elección de una fotorresistencia.



*Ilustración 52: Fotorresistencia.*

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

---

Una fotorresistencia, como su nombre indica, es una resistencia cuyo valor depende de la energía luminosa incidente en ella. Específicamente son resistencias cuyo valor de resistividad disminuye a medida que aumenta la energía luminosa incidente sobre ella y viceversa. Una fotorresistencia se compone de un material semiconductor, cuya resistencia varía en función de la iluminación; en decir, reduce su valor resistivo en presencia de rayos luminosos. Es por ello que también son conocidas como resistencias dependientes de luz (Light dependent resistors) LDR.

Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide sobre el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor, dando a los electrones la suficiente energía para saltar de la banda de valencia a la banda de conducción, aumentando por lo tanto la conductividad del dispositivo y disminuyendo su resistencia. Las fotorresistencias se caracterizan por la ecuación:

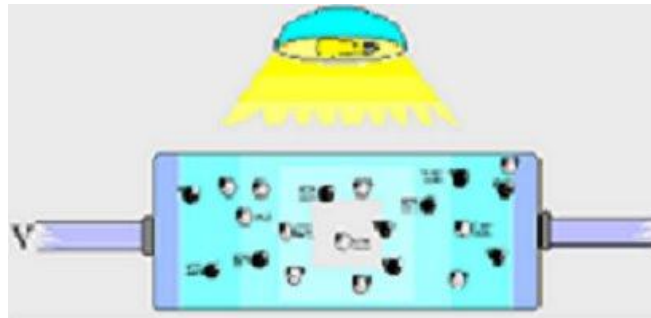
$$R = A \cdot E^{-\alpha}$$

Donde:

- R, es la resistencia de la fotorresistencia.
- A y  $\alpha$ , son constantes que depende del semiconductor utilizado.
- E, densidad superficial de la energía recibida.

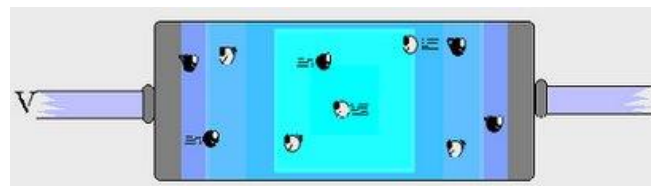
### Principio de funcionamiento:

La resistencia de este tipo de componentes varía en función de la luz que recibe en su superficie. Así, cuando están en oscuridad su resistencia es alta y va disminuyendo considerablemente según la luz que recibe. Cuando incide la luz en el material fotoconductor se generan pares “electrón – hueco”. Al haber un mayor número de portadores, el valor de la resistencia disminuye. De este modo, la fotorresistencia iluminada tiene un valor de resistencia bajo. Las células son capaces de reaccionar a una amplia gama de frecuencias, incluyendo infrarrojo (IR), luz visible, y ultravioleta (UV). Los materiales que intervienen en su fabricación son Sulfuro de Cadmio, utilizado como elemento sensible a las radiaciones visibles y Sulfuro de Plomo cuando se necesita un elemento que trabaje al margen de las radiaciones infrarrojas. Estos materiales se colocan en encapsulados de vidrio o resina.



*Ilustración 53: Foto generación de portadores*

Si dejamos de iluminar, los portadores fotogenerados se recombinarán hasta volver a sus valores iniciales. Por lo tanto el número de portadores disminuirá y el valor de la resistencia será mayor. Por supuesto, el material de la fotorresistencia responderá a unas longitudes de onda determinadas.



*Ilustración 54: Estado de conducción sin fotogeneración.*

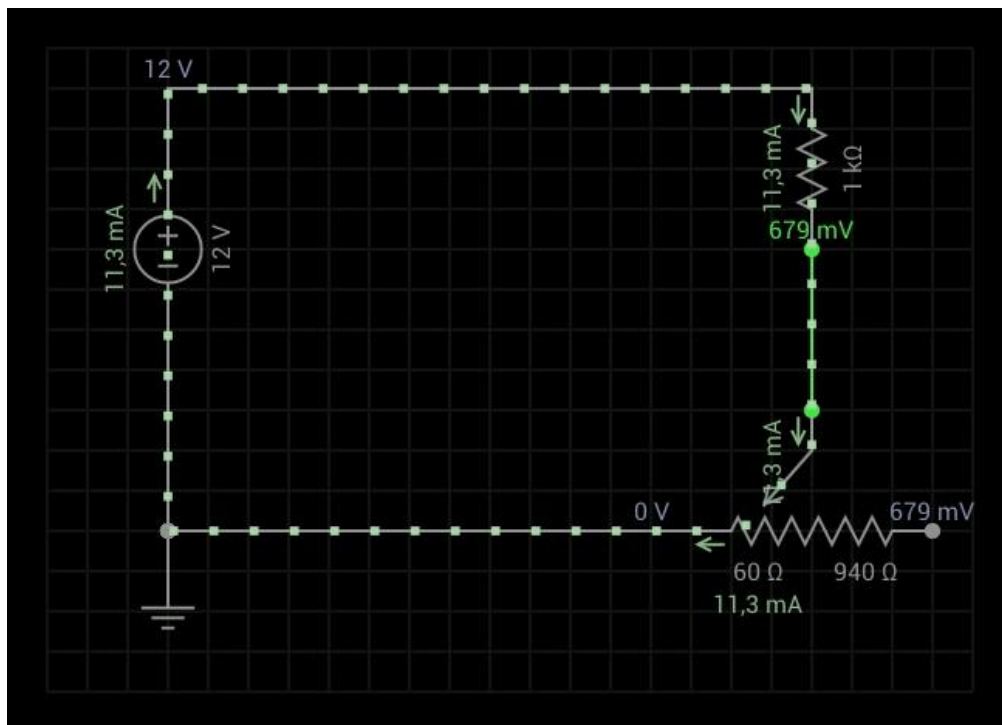
Es decir, la variación de resistencia será máxima para una longitud de onda determinada. Esta longitud de onda depende del material y el dopado, y deberá ser suministrada por el proveedor.

### 6.3.2. Funcionamiento del circuito.

El circuito de esta segunda caja, está compuesto por una batería de 10 v, dos resistencias de  $1K\Omega$  cada una y el sensor de intensidad luminosa (fotorresistencia). Es decir, un circuito que sirve como acondicionamiento para dicho sensor. Utilizando el mismo programa con el que se realizaron los circuitos anteriores, se ha diseñado este circuito.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

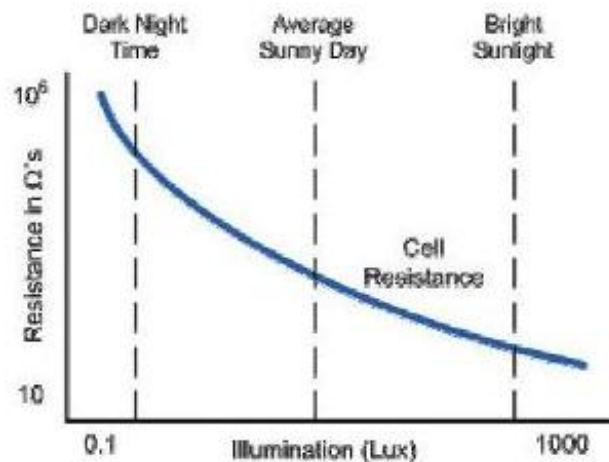
Como se puede observar en la imagen, para simular el funcionamiento de la fotorresistencia se ha utilizado un potenciómetro, ya que, este programa no dispone de la posibilidad de incorporar un sensor. Se ha pensado que lo más parecido, para poder entender el funcionamiento del circuito era el uso de un potenciómetro, debido a que ambos varían su resistencia eléctrica. Uno a través de mecanismo mecánico (potenciómetro) y el otro a través de la intensidad luminosa que recibe (fotorresistencia).



*Ilustración 55: Circuito de acoplamiento del sensor luminoso.*

Las fotorresistencias vienen acompañadas de una hoja de características, en las cuales se muestra una gráfica, con una escala de resistencia en ohmios en un eje, y con una escala de intensidad luminosa en lux en el otro eje. En la figura posterior se muestra una gráfica típica de una fotorresistencia.

## CAPÍTULO 6: DISPOSITIVO DE VERIFICACIÓN.

*Ilustración 56: Gráfica de la fotorresistencia.*

Estas gráficas no se adaptan a la perfección a la realidad de la fotorresistencias. Además hay que tener en cuenta las pérdidas de tensión que sufre el circuito una vez se monta la fotorresistencia con el resto de componentes. Por lo tanto, si las aplicaciones para las que van a ser utilizadas requieren una determinada precisión, es imprescindible el calibrado del sistema.

El funcionamiento del dispositivo comienza con el encendido del faro de la primera caja, este empezará a emitir luz, a una determinada potencia eléctrica. Esta luz se proyectará sobre la segunda caja, que está separada de la primera 20 cm, y en la cual se encuentra la fotorresistencia. Esta captará la iluminancia (cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área) emitida por el halógeno.

En este momento, y con la ayuda de un polímetro, se mide la caída de tensión que sufre la fotorresistencia. Mediante la ley de Ohm se puede saber a qué variación de resistencia óhmica corresponde esta caída de tensión y viceversa. Una vez conocido este dato basta con observar la gráfica realizada para la calibración, (por el método de mínimos cuadrados) para conocer la iluminancia en lux del faro.



# Capítulo 7

## Montaje y Resultados.

### 7.1. Montaje.

#### 7.1.1. Circuito regulador de intensidad (Primer caja)

**Componentes:**

- Caja con base de plástico y tapa de policarbonato.
- Foco Halógeno 12V / 50 W.
- Portalámparas para halógeno.
- Transformador de corriente 230V-12V.
- Regulador de intensidad luminosa.

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

---



Caja Retex



Foco Halógeno



Portalámparas halógeno



Transformador



Regulador de intensidad luminosa

En primer lugar se procedió al acondicionamiento de la caja en la que más adelante se incorporaría el circuito regulador de intensidad. Con la ayuda de un banco de trabajo y las herramientas correspondientes se precisan los cortes y taladros necesarios para el acoplamiento y sujeción de los componentes del circuito.



*Ilustración 57: Acondicionamiento de la caja.*

En principio se pensó en alimentar el circuito con una fuente de alimentación de 12 V, pero debido al excesivo peso y tamaño de las baterías de las que se disponía se decidió alimentar el circuito directamente de la red de suministro eléctrico.

Debido a que la red doméstica suministra corriente a  $230V \pm 10 \%$ , y el foco halógeno trabaja a 12V, es imprescindible la instalación de un transformador de corriente. El transformador es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión de un circuito eléctrico. En este caso su labor será la de disminuir la tensión desde los 230V que son suministrados a través del enchufe, hasta los 12V que son transmitidos al foco halógeno.

Con el circuito explicado hasta el momento, se dispondría de un foco halógeno por el que pasaría una tensión de 12V gracias al transformador. Sin embargo, lo que se está buscando es que el foco halógeno pueda variar su intensidad luminosa y para ello es imprescindible el uso de un regulador de intensidad luminosa.



*Ilustración 58: Circuito regulador de intensidad.*

En la figura anterior, se puede observar el circuito de la primera caja con la parte protectora de arriba desatornillada. El cable con enchufe es el encargado de alimentar el circuito con corriente de la red domestica. Esta corriente entra a una tensión máxima de 230 V en el transformador encargado de convertirla a 12 V antes de que pase al foco halógeno.

La corriente pasa por el regulador de tensión que, según el compensador manual y giratorio que posee, permite controlar la tensión que entra en el transformador. Gracias a este regulador se consigue que el foco halógeno pueda emitir luz a intensidades luminosas muy dispares.



*Ilustración 59: Caja con circuito regulador de intensidad.*

### **7.1.2. Circuito de acondicionamiento del sensor (Segunda caja).**

#### **Componentes:**

- Caja con base de plástico y tapa de policarbonato.
- Dos resistencias de 1 K $\Omega$  cada una.
- Fotorresistencia.
- Interruptor.
- Led.
- Batería de 10V.
- Placa Eurocard 2 agujeros.



## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.



Caja Retex.



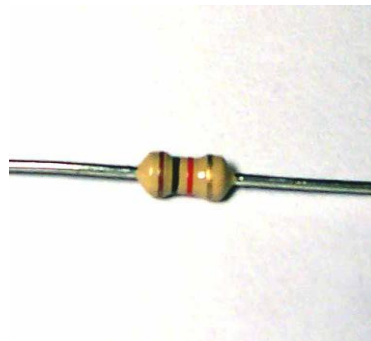
Placa Eurocard.



Fotorresistencia.



Batería 10 V.



Resistencia 1KΩ.

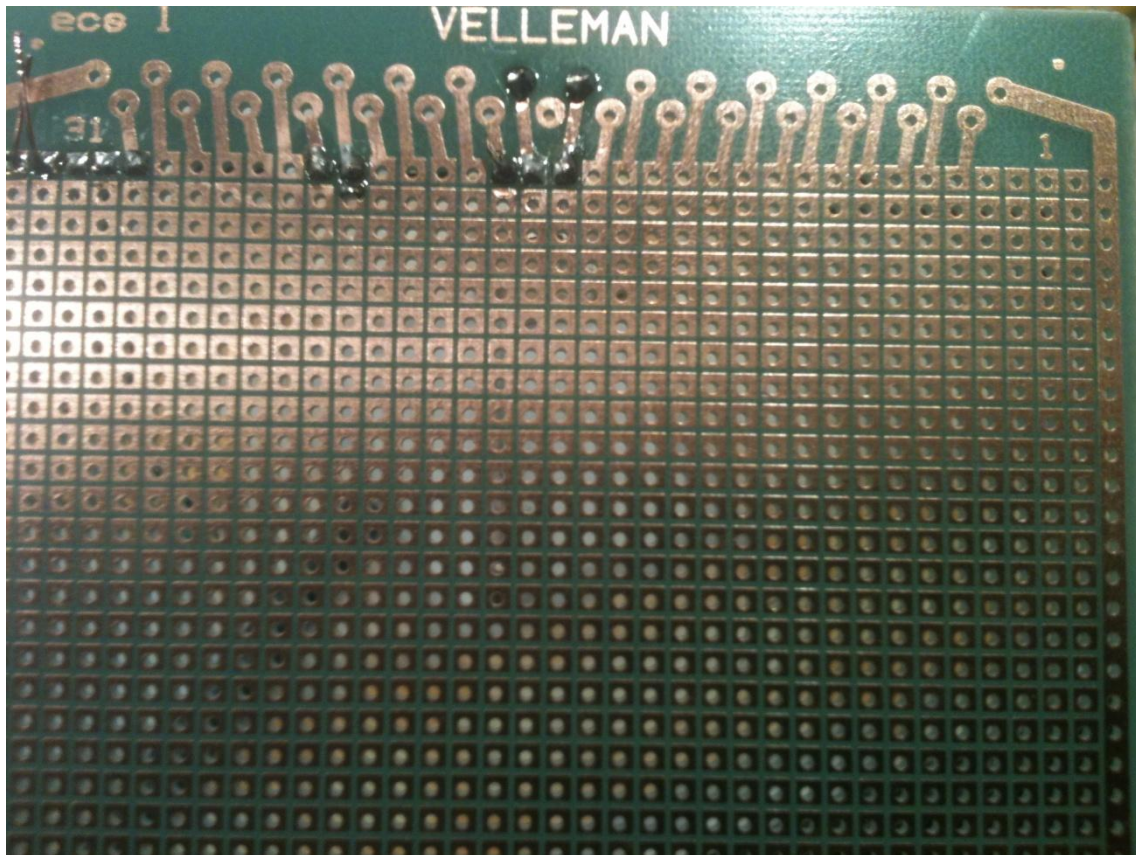


Led.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el anterior circuito, lo primero que se realizó fue el acondicionamiento de la caja. Utilizando herramientas de serrar, taladrar y limar se consigue que la caja quede en condiciones de ser utilizada para acoger el circuito.

Una vez la caja estar perfectamente acondicionada, se realiza el montaje del circuito en la placa Eurocard, a la cual se sueldan todos los componentes. Como se vio, anteriormente, en la explicación del circuito, las dos resistencias y la fotorresistencia están montadas en serie.

De este modo la caída de tensión de 10 V, que transmite la batería, estará repartida entre las dos resistencias (1KΩ cada una), la fotorresistencia, y el LED (sin olvidar las pérdidas que sufrirá el sistema). En la figura que se muestra a continuación se pueden ver las soldaduras que hacen que los componentes estén unidos a la placa Eurocard.

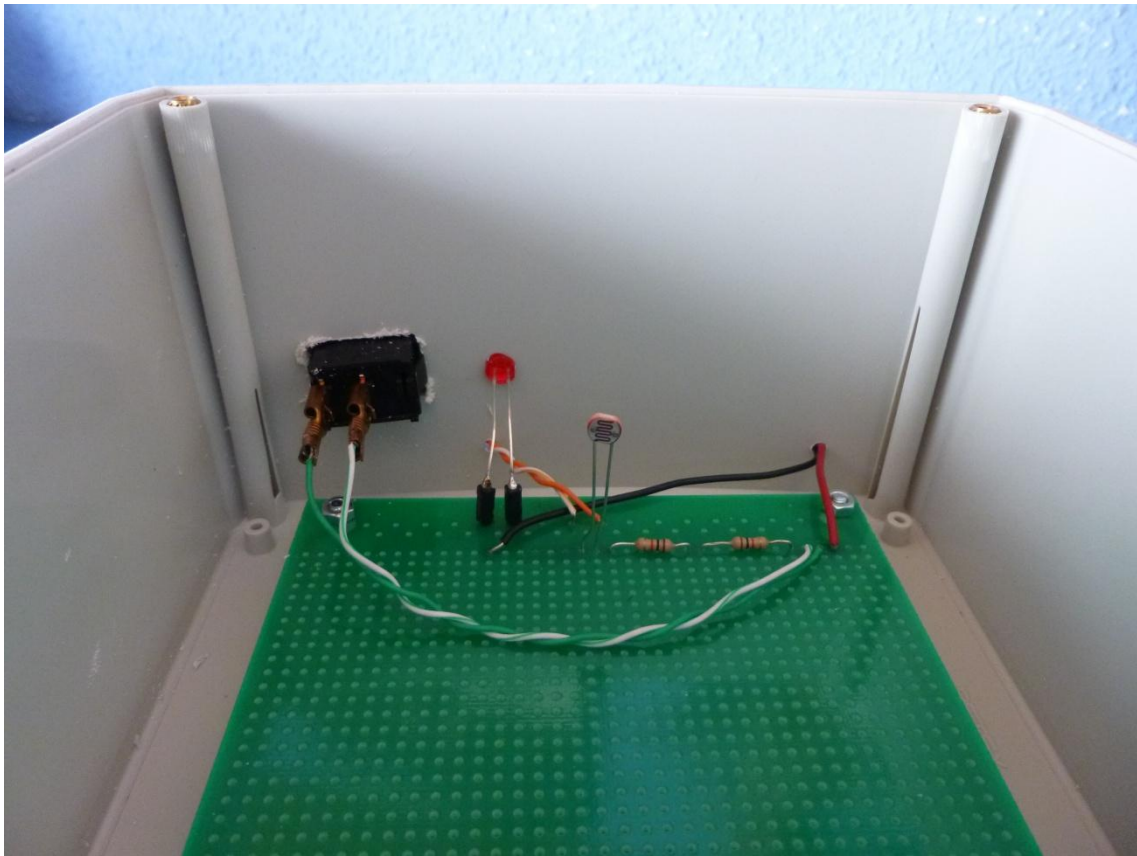


*Ilustración 60: Soldaduras.*

El circuito está alimentado por una batería de 10V, que polarizará el circuito a través del cable, de color rojo y negro, que en la figura posterior se ve soldado a la placa. Los primeros componentes, dos resistencias de 1 K $\Omega$  cada una, son acoplados en serie, por lo que su labor es la misma que realizaría una única resistencia de 2 K $\Omega$ .

En serie a estas dos resistencias, y en la parte más profunda de la caja para evitar distorsiones en las medidas, es soldada a la placa la fotorresistencia cuyo fin será el de medir la intensidad luminosa de foco halógeno.

Por último se unirán al circuito un interruptor que regulará la entrada de corriente al circuito, y un Led cuya iluminación indicará que el circuito esta correctamente polarizado. Para facilitar la medición de las caídas de tensión tanto en las resistencias como en la fotorresistencia se dará una salida a los cables hacia el exterior de la caja, y se soldarán a acoplamientos que faciliten su medición con polímetro.



*Ilustración 61: Circuito de acoplamiento de la fotorresistencia.*

## 7.2. Calibración por mínimos cuadrados.

Como se ha visto anteriormente, una fotorresistencia es un dispositivo cuya resistencia óhmica es una función de la iluminación recibida sobre su superficie. En su composición entran materiales que poseen muy pocos electrones libres cuando se encuentran en condiciones de oscuridad, pero el número de electrones libres se incrementa considerablemente cuando el dispositivo es iluminado. En consecuencia la conductividad crece y por tanto la resistencia óhmica disminuye. La dependencia entre resistencia e iluminación es de la forma.

$$R = A \cdot L^{-\alpha}$$



## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

La dependencia entre  $R$  (resistencia en ohmios) y  $L$  (iluminación en lux) se debería convertir en lineal si se utiliza una escala logarítmica.  $A$  y  $\alpha$  son constantes que dependen del tipo de material con el que se ha construido la fotorresistencia y del proceso de manufactura.

En el circuito acondicionador a la fotorresistencia de este proyecto hay varios componentes (cables, resistencias, Led, etc.) que favorecen la existencia de pérdidas. Por esto es imprescindible realizar una operación de calibrado, que garantice una gráfica precisa en la que se pueda relacionar la iluminación que recibe la fotorresistencia, con la resistencia óhmica de la misma.

El proceso a seguir es obtener valores de la resistencia registrados por la fotorresistencia cuando se somete a una iluminación dada. Para ello se va a utilizar un luxómetro y un polímetro.



*Ilustración 62: Luxómetro digital.*



*Ilustración 63: Polímetro.*

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

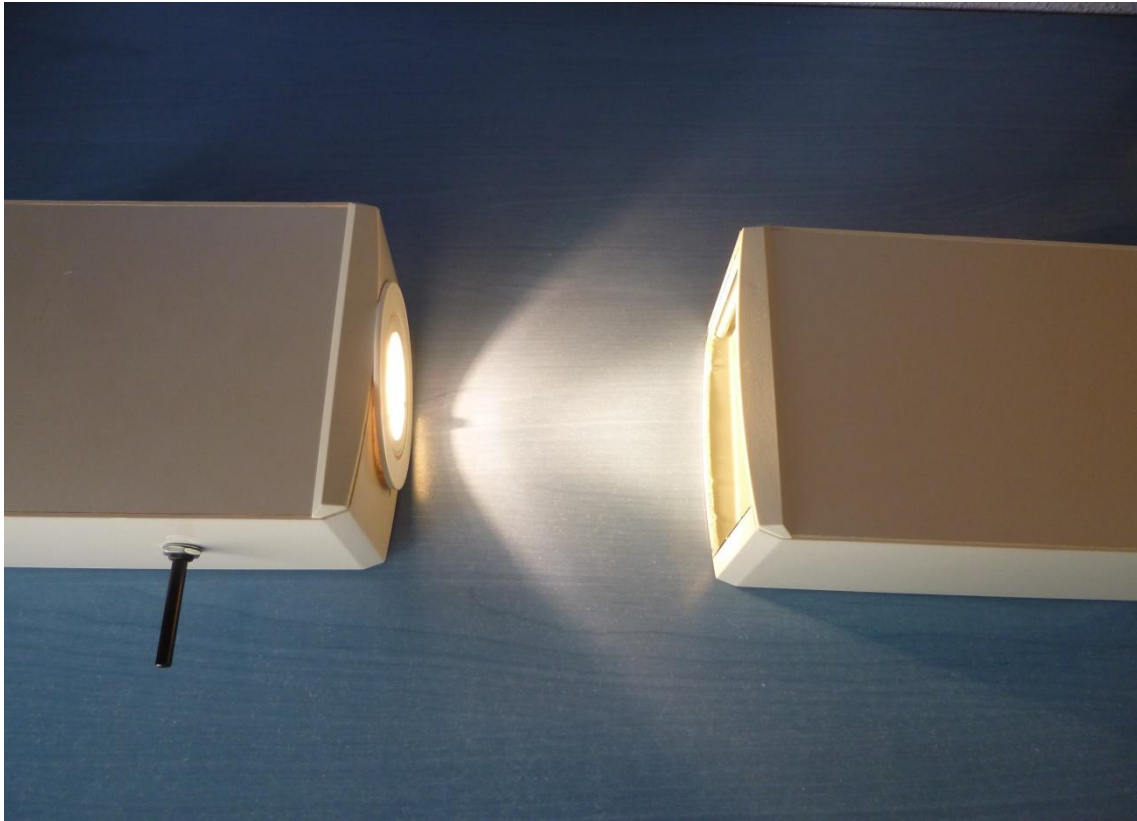
---

El proceso de medida tiene dos partes: la primera consiste en medir la intensidad luminosa del foco halógeno con el luxómetro digital; la segunda consiste en sustituir el luxómetro por el circuito con la fotorresistencia que se va a calibrar.

Debido a que el foco halógeno está acoplado a un circuito regulador, se puede ir variando la intensidad luminosa. Por lo tanto, una vez encendido el foco se tomará una medida con el luxómetro y, sin modificar nada más, se cambiará el luxómetro por el circuito con la fotorresistencia procediendo a medir la resistencia óhmica por medio de un polímetro. De este modo se va variando poco a poco la intensidad luminosa del halógeno y tomando la medición en lux y resistencia óhmica de cada uno de los puntos.



*Ilustración 64: Medición con el luxómetro.*



*Ilustración 65: Medición de la resistencia óhmica.*

A partir de estas mediciones se obtiene una tabla de valores en la que aparece la iluminación en lux frente a la resistencia en ohmios, lo cual permitirá construir una regla que relacione ambos parámetros.

En las tablas que se van a mostrar a continuación se presentarán las medidas realizadas para las variaciones de intensidad luminosa emitidas por el foco halógeno (luxómetro), así como las caídas de tensión sufridas por la fotorresistencia (polímetro).

Una vez se hayan presentado todos los datos en sus correspondientes tablas, se realizarán con ellos las operaciones de mínimos cuadrados necesarias para la correcta calibración del dispositivo.

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

Luxómetro (Lux)	Caída de tensión Fotorresistencia (V)	Caída de tensión Resistencia de $1K\Omega$ (V)	Caída de tensión total (V)
358	4,99	1,43	7,85
525	4,15	1,86	7,87
755	3,25	2,31	7,87
1200	2,68	2,59	7,86
1700	2,26	2,75	7,76
2450	1,86	2,98	7,82
2780	1,82	3,06	7,94
4310	1,27	3,19	7,65
4900	1,32	3,22	7,76
5880	1,19	3,28	7,75

*Tabla 5: Medidas con luxómetro y polímetro.*

Como se ve en la tabla, también se han tomado las distintas caídas sufridas por una de las resistencias de  $1K\Omega$ . Debido a que una vez conocida la caída de tensión que sufre esta resistencia en cada punto y, sabiendo que la resistividad es constante ( $1K\Omega$ ). Se puede calcular la corriente que circula por ella (y por consiguiente por todo el circuito) en cada instante.

Caída de tensión Fotorresistencia (V)	Caída de tensión Resistencia de $1K\Omega$ (V)	Corriente en Resistencia (mA)	Resistencia de la Fotorresistencia ( $K\Omega$ )
4,99	1,43	1,43	3,48951049
4,15	1,86	1,86	2,231182796
3,25	2,31	2,31	1,406926407
2,68	2,59	2,59	1,034749035
2,26	2,75	2,75	0,821818182
1,86	2,98	2,98	0,624161074
1,82	3,06	3,06	0,594771242
1,27	3,19	3,19	0,398119122
1,32	3,22	3,22	0,409937888
1,19	3,28	3,28	0,362804878

*Tabla 6: Tabla con cálculos de intensidad y resistencia.*

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

Para calcular la corriente que circula por la resistencia se utiliza *Ley de Ohm* de la tal manera que:

$$I(mA) = V(v) / R (K\Omega)$$

Siendo  $I$ , la corriente que circula por el circuito;  $V$  la caída de tensión que sufre la resistencia en cada punto; y  $R$  la resistencia óhmica que se mantiene constante en un valor de  $1 K\Omega$ .

Una vez se conoce esta corriente, y se ha medido la caída de tensión que sufre la fotorresistencia como consecuencia del aumento en la intensidad luminosa emitida por el foco halógeno. Se obtiene la resistencia óhmica que tiene la fotorresistencia en cada una de las mediciones, para ello se vuelve a utilizar la *Ley de Ohm*:

$$R(K\Omega) = V(v) / I(mA)$$

Siendo en este caso  $R$  y  $V$ , la resistencia óhmica y la caída de tensión en la fotorresistencia; e  $I(mA)$  la corriente que circula por el sistema.

Para el ajuste que se pretende hacer por mínimos cuadrados, se necesitan dos nuevas tablas. Se representarán el logaritmo en base diez, tanto de resistencia como de la iluminación, ya que más adelante serán utilizados para el ajuste por mínimos cuadrados.

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESULTADOS.

Luxómetro (Lux)	Resistencia de la Fotorresistencia (KΩ)	Log ( L ) (Lux)	Log ( R ) (KΩ)
358	3,48951049	2,553883027	0,542764508
525	2,231182796	2,720159303	0,348535153
755	1,406926407	2,877946952	0,148271381
1200	1,034749035	3,079181246	0,01483503
1700	0,821818182	3,230448921	-0,085224255
2450	0,624161074	3,389166084	-0,20470332
2780	0,594771242	3,444044796	-0,225650038
4310	0,398119122	3,63447727	-0,399986962
4900	0,409937888	3,69019608	-0,387281941
5880	0,362804878	3,769377326	-0,440326882

Tabla 7: Tabla con los datos en logaritmos.

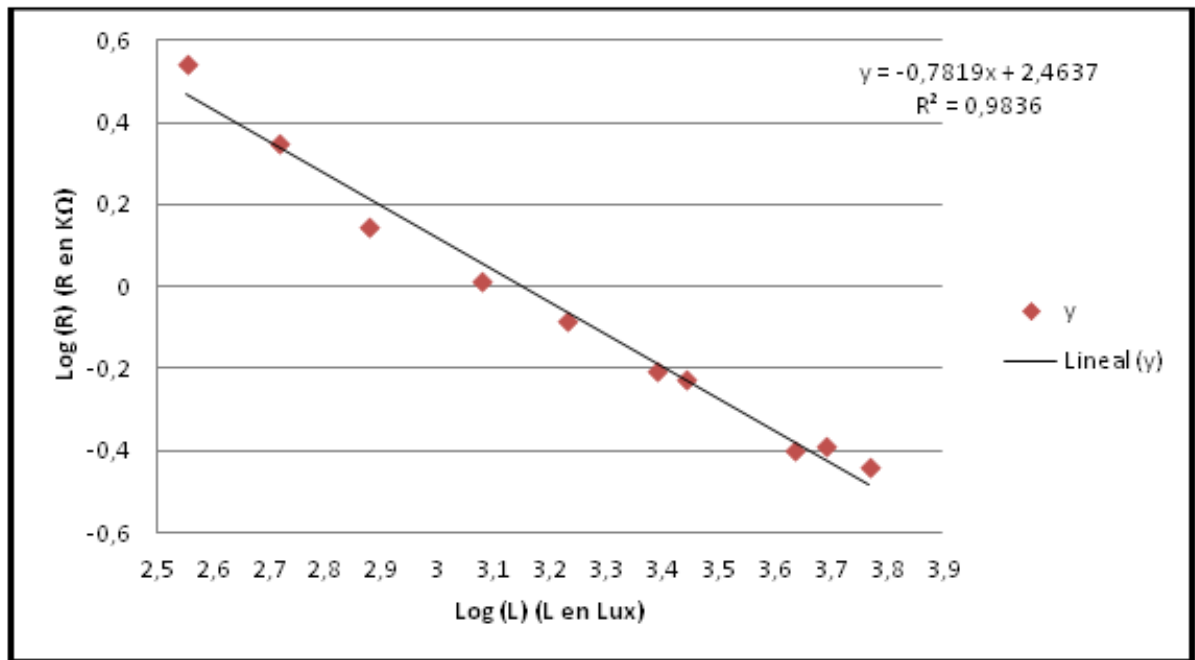
### 7.2.1. Método de mínimos cuadrados.

Luxómetro (Lux)	Resistencia de la Fotorresistencia (KΩ)	Log ( L ) (Coordenada X)	Log ( R ) (Coordenada Y)
358	3,48951049	2,553883027	0,542764508
525	2,231182796	2,720159303	0,348535153
755	1,406926407	2,877946952	0,148271381
1200	1,034749035	3,079181246	0,01483503
1700	0,821818182	3,230448921	-0,085224255
2450	0,624161074	3,389166084	-0,20470332
2780	0,594771242	3,444044796	-0,225650038
4310	0,398119122	3,63447727	-0,399986962
4900	0,409937888	3,69019608	-0,387281941
5880	0,362804878	3,769377326	-0,440326882
<b>x</b>	<b>y</b>	<b>xy</b>	<b>x^2</b>
2,553883027	0,542764508	1,386157065	6,522318514
2,720159303	0,348535153	0,948071138	7,399266636
2,877946952	0,148271381	0,426717169	8,282578656
3,079181246	0,01483503	0,045679746	9,481357146
3,230448921	-0,085224255	-0,275312601	10,43580023
3,389166084	-0,20470332	-0,693773549	11,48644675
3,444044796	-0,225650038	-0,77714884	11,86144456
3,63447727	-0,399986962	-1,453743523	13,20942503
3,69019608	-0,387281941	-1,429146299	13,61754711
3,769377326	-0,440326882	-1,659758166	14,20820543

Tabla 8: Tabla datos de mínimos cuadrados.

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESUSLTADOS.

Una vez presentados todos los valores de resistencias e iluminación, se van a representar gráficamente realizado un ajuste por mínimos cuadrados para obtener la ordenada en el origen y la pendiente de la recta de regresión correspondiente.



*Ilustración 66: Representación de la recta de regresión.*

A partir de la ecuación de la recta de regresión, dada su pendiente y su ordenada en el origen, se obtendrán el valor de la iluminación incidente sobre la fotorresistencia midiendo su resistencia óhmica.

El resultado de dicho ajuste es:

$$\log R = 2,4637 + (-0,7819) \cdot \log L$$

## CAPÍTULO 7: MONTAJE Y RESUSLTADOS.

Por lo tanto la iluminación en función de la resistencia que se obtiene de la anterior ecuación despejada es:

$$L = 10^{\left(\frac{2,4637 - \log R}{0,7819}\right)}$$

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) cuantifica la proporción de la variación de la variable dependiente respecto a la variable independiente, es decir, en qué grado la línea de tendencia se ajusta a los datos. Puede adoptar valores entre 0 y 1. Cuanto más cercano sea el valor de  $R^2$  a la unidad, mayor correspondencia hay entre la línea de regresión y los puntos insertados.

Como se puede observar en la gráfica que se ha obtenido, el valor del coeficiente de determinación en esta medición es de  $R^2 = 0,9836$ . Lo que implica que la correspondencia es muy alta.



# Capítulo 8

## Conclusiones.

Tras la lectura completa de este Proyecto Fin de Carrera, considero que los objetivos que se han marcado en un inicio quedan totalmente satisfechos y por tanto, se concluye:

- Se han conocido detalladamente los distintos componentes de los faros de un vehículo y la labor de cada uno de ellos dentro del sistema de alumbrado del automóvil.
- Se ha conseguido explicar la directiva actual en cuanto a homologación y reglaje de faros. Exponiendo detalladamente cuales son los requisitos imprescindibles para la comercialización y correcto funcionamiento de los mismos.
- Se ha realizado un estudio sobre la importancia del reglaje de faros, tanto en altura y horizontalidad, como en intensidad luminosa, para ello ha sido necesaria la visita al centro de ITV de Getafe. Allí se pudo observar el funcionamiento de un regloscopio mientras varios vehículos eran examinados por el operario. Posteriormente se realizó el reglaje manual de un automóvil para asimilar como debe ejecutarse el reglaje de altura y horizontalidad sin la necesidad de usar un regloscopio.

## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.

---

- Se ha hecho un estudio de los distintos tipos de sensores de intensidad luminosa, lo que ha permitido escoger el más adecuado para este proyecto y poder diseñar con más facilidad el circuito. Una vez fue elegida la fotorresistencia como el sensor fotoeléctrico adecuado, se diseñó el dispositivo verificador..

- Una vez se eligió el circuito más adecuado (de los tres que se diseñaron) para regular la intensidad luminosa del foco halógeno se realizó el montaje del sistema. Consiguiendo, una vez montado el dispositivo de verificación, la calibración del mismo empleando un luxómetro digital y un polímetro. Hallando, de este modo, la gráfica calibrada y las ecuaciones que relacionan la intensidad luminosa emitida por el foco con la variación de resistencia de la fotorresistencia.

# Capítulo 9

## Trabajos futuros.

En el diseño del dispositivo de verificación de un regloscopio hay una serie de mejoras o modificaciones que podrían realizarse:

- En este proyecto se ha diseñado un dispositivo que verifique que la intensidad luminosa de los faros fuese la correcta. En un futuro se podría intentar condicionar el dispositivo para el reglaje de horizontalidad de los faros, a través de un espejo específicamente posicionado.
- En cuanto a las mejoras físicas que se podrían aplicar al mecanismo, cabe la posibilidad de incorporarle un dispositivo de regulación de altura, con el fin de ajustarlo al nivel de los faros de cada vehículo.
- El dispositivo podría ser calibrado de manera más precisa por medio de un láser y un polariscopio. En el proceso se haría pasar la luz a través de un polarizador lineal sobre soporte giratorio y medir para cada ángulo de éste la iluminación que registra el luxómetro. La segunda parte de la operación consiste en sustituir el luxómetro por la fotorresistencia, y medir su resistencia óhmica para los mismos ángulos.



# Capítulo 10

## Bibliografía.

### 6.1. Libros.

- “Manual de automóviles”, M. Arias-Paz.
- “Uso del alumbrado en los vehículos a motor”, Instituto sobre la reparación de vehículos SA.
- “Equipo eléctrico y electrónico del automóvil”, W.H. Crouse.
- “Manual técnico del automóvil”, P.P.J. Read y V.C. Reid.
- “Técnicas del automóvil. Equipo eléctrico”, José Manuel Alonso Pérez.
- “Física Universitaria con física moderna”, Sears. Zemansky. Young. Freedman

## 6.2. Normas y documentos.

- “Manual ITV”, Ministerio de Industria, Energía Y Turismo.
- “Directiva (76/756/CEE), sobre la instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa de los vehículos a motor y sus remolques”.
- Directiva (2005/32/CE) y Directiva (2007/35/CE), “modificaciones a la primera directiva para adaptarse al progreso técnico de los dispositivos de alumbrado”.

## 6.3. Páginas o documentos electrónicos en la red.

- <http://www.erco.com/guide/lighting-technology-94/luminance-1840/es/intro-1.php>, accedido en Abril 2013.
- <http://www.mc-ingenieria.com/es/servicios/homologacion/luces>, accedido en Junio 2013.
- [http://www.territoriohella.es/web/media/documents/catalogos/2013Jul\\_Consejos\\_tecnicos\\_ajuste\\_de\\_faros.pdf](http://www.territoriohella.es/web/media/documents/catalogos/2013Jul_Consejos_tecnicos_ajuste_de_faros.pdf), accedido Julio 2013
- [http://iesjorgejuan.es/sites/default/files/apuntes/tecnologia/4eso\\_tecnologia/sensor\\_LDR.pdf](http://iesjorgejuan.es/sites/default/files/apuntes/tecnologia/4eso_tecnologia/sensor_LDR.pdf), accedido Agosto 2013.
- <https://sites.google.com/site/gtsistemadealumbrado/Home/11---mantenimiento--verificacion-y-reglajes/11-2---reglaje-de-faros/11-2-2---regulacion-con-regloscopio>, accedido Agosto 2013.
- <https://www.lamparayluz.es/que-es-un-regulador-de-intensidad-luminosa?gclid=CKKf-rPC87kCFSTJtAodBw8A8Q>, accedido Agosto 2013.



- <http://www.madridindustrial.es/resources/Actualizacion%20de%20Legislacion/00282880Foto.pdf>, accedido Septiembre 2013.
- <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2007-81000>, accedido Septiembre 2013.



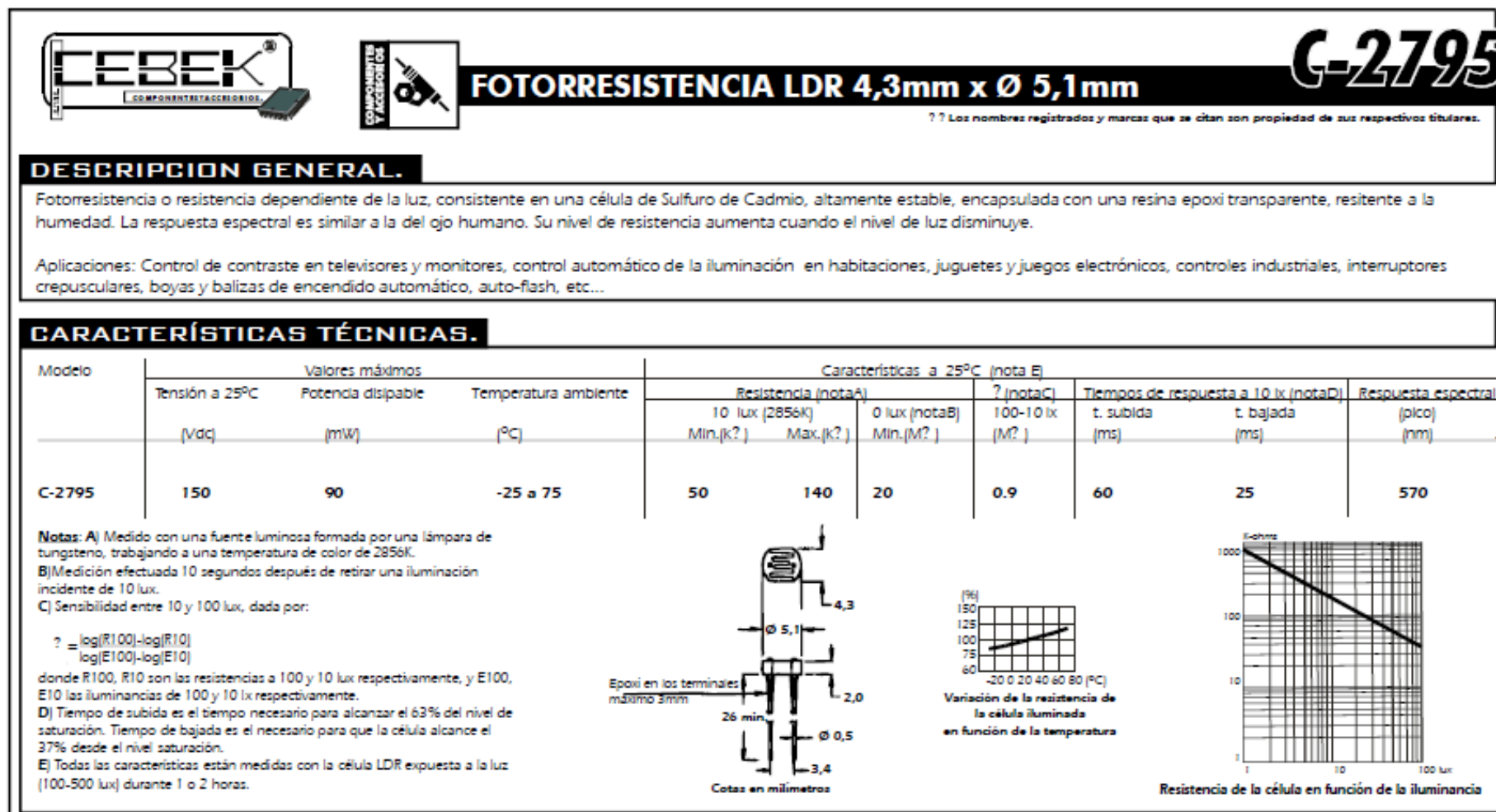


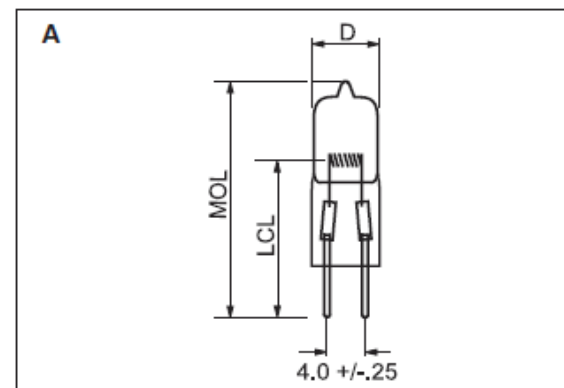


# **Anexos**

## **Anexo I**

En dicho anexo se van a incluir las hojas de características de los dispositivos eléctricos utilizados para la elaboración del regloscopio.



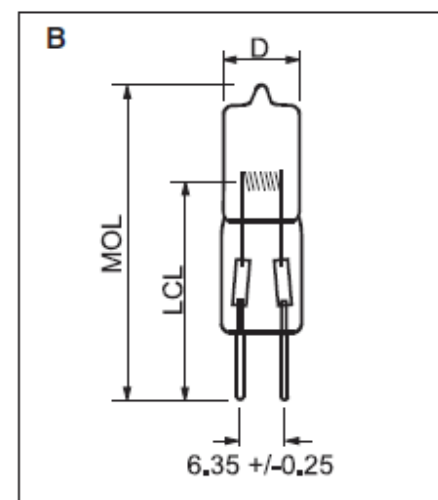


## Miniature Quartz Halogen Lamps

Line No.	Part No.	Volts	Watts	Lumens	Color Temp. Degrees Kelvin	Life Hours	Burning Position	Filament Type	Filament Lgth. x Dia.	D	Dimensions MOL	LCL	Base Type	Drawing
1	L7387	6.0	10	180	3,150	100	Any	C-6	2.5 0.6	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
2	L6402	6.0	10	130	2,850	2,000	Any	C-6	3.0 0.7	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
3	L6414	6.0	10	150	2,950	1,000	Any	C-6	2.8 0.6	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
4	L7388	6.0	20	420	3,200	100	Any	C-6	2.1 1.0	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
5	L7394	6.0	20	350	3,000	2,000	Any	C-6	2.9 1.0	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
6	L6415	12.0	10	120	2,800	2,000	Any	C-6	3.4 0.7	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
7	L6416	12.0	15	210	2,900	1,000	Any	C-6	3.8 0.7	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
8	L6417	12.0	10	130	2,850	1,000	Any	C-6	4.25 0.35	9.0	30.0	18.75±0.25	G-4	A
9	L7401	12.0	20	420	3,150	250	Any	C-6	2.6 1.0	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
10	L7404	12.0	20	350	3,000	2,000	Any	C-6	3.3 0.9	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
11	L7404A	12.0	20	280	2,850	2,000	Any	C-6	4.0 0.7	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A
12	L7414A	12.0	35	560	2,900	2,000	Any	C-6	4.8 1.1	9.0	30.0	19.5±0.25	G-4	A

Ilustración 68: Hoja de características de la lámpara halógena.

## ANEXOS.



## Quartz Halogen Lamps

Line No.	Part Reference No.		ColorTemp.					Life Position	Burning Type	Filament Lgth. x Dia.	Filament D	Dimensions		Type	Base Drawing
			Volts	Watts	Lumens	Kelvin	Degrees Hours					MOL	LCL		
13	L7417	—	12.0	50	900	3,000	2,000	Any	C-Bar-6	4.2 x 2.5	11.0	44.0	30.0	GY6.35	B
14	L7389A	—	12.0	50	900	3,000	2,000	Any	C-6	4.2 x 1.5	11.0	44.0	30.0±0.25	GY6.35	B
15	L7386A	—	12.0	75	1,400	3,000	2,000	*	C-6	5.0 x 1.8	11.0	44.0	30.0±0.25	GY6.35	B
16	L7390A	—	12.0	100	2,000	3,000	2,000	*	C-6	5.2 x 2.28	11.0	44.0	30.0±0.25	GY6.35	B
17	L7407	FCR	12.0	100	3,000	3,400	50	*	C-Bar 6	5.3 x 3.0	11.0	44.0	30.0±0.25	GY6.35	B
18	L6405	FCS	24.0	150	4,700	3,400	50	*	C-Bar 6	6.2 x 3.1	13.5	50.0	32.0±0.5	G6.35	B

